

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta stavební

Katedra konstrukcí

Železobetonový objekt s nosnými zděnými stěnami

Reinforced concrete structure with masonry walls

Student: Jan Kosak

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Lucie Mynarzová, Ph.D.

Ostrava 2021

Anotace

Předmětem bakalářské práce je statický návrh a posouzení železobetonového objektu s nosnými zděnými stěnami. Cílem je provést statickou analýzu ve výpočetním programu, navržení a posouzení nosných konstrukcí podle metody mezních stavů s použitím platných norem a konstrukčních zásad. Řešený objekt je bytový dům. Nosné konstrukce zahrnují železobetonové sloupy, průvlaky, stropní desky a zděné stěny z keramických bloků.

Pro železobetonové prvky budou zhotoveny výkresy výztuže.

Klíčová slova: statická analýza, posouzení konstrukcí, železobeton, zdivo

Annotation

The subject of Bachelor thesis is to design and assess a structure of reinforced concrete with load bearing masonry walls. The goal is to render a static analysis with a computer software, design and assess the supporting structures according to the method of limit states, valid standards and detailing of members. Said object is an apartment building. The load bearing structures consist of concrete columns, beams, floor slabs and masonry walls from ceramic blocks.

Drawings of reinforcement will be included for the reinforced elements.

Key words: static analysis, structure assessment, reinforced concrete, masonry

Obsah

Seznam použitého značení	4
1 Úvod.....	6
1.1 Cíl bakalářské práce	6
2 Technická zpráva.....	7
2.1 Popis objektu.....	7
2.2 Nosné konstrukce	7
2.3 Nenosné konstrukce	7
2.4 Materiály nosných konstrukcí	7
2.5 Vizualizace objektu.....	8
3 Zatížení.....	10
3.1 Stálá zatížení	10
3.2 Proměnná zatížení	12
3.2.1 Užitná zatížení	12
3.2.2 Zatížení sněhem.....	14
3.2.3 Zatížení větrem	15
4 Účinky zatížení.....	16
4.1 Vnitřní síly na deskách.....	16
4.1.1 Deska nad 1.PP.....	17
4.1.2 Desky nad 1. až 4.NP	18
4.1.3 Deska nad 5.NP	19
4.1.4 Deska nad 6.NP	20
4.2 Vnitřní síly ve sloupech	21
4.3 Vnitřní síly v průvlacích	23
4.4 Vnitřní síly na stěnách	25
5 Statické posouzení prvků	28
5.1 Charakteristiky materiálů	28

5.2	Vztahy použité při posouzení.....	29
5.3	Stropní deska nad 1.PP	31
5.4	Sloup v 1.PP	34
5.5	Průvlak stropní desky v 1.PP	43
5.6	Obvodové stěny	48
6	Závěr.....	51
7	Seznam použité literatury	53
8	Seznam obrázků	54
9	Seznam tabulek	55
10	Seznam příloh.....	56

Seznam použitého značení

A_c	Plocha betonového průřezu [m^2]
E_{cm}	Modul pružnosti betonu [GPa]
E_s	Modul pružnosti betonářské výztuže [GPa]
G_d	Návrhová hodnota stálého zatížení [kN/m]
G_k	Charakteristická hodnota stálého zatížení [kN/m]
I_y	Moment setrvačnosti k ose y [m^4]
I_z	Moment setrvačnosti k ose z [m^4]
i_y	Poloměr setrvačnosti k ose y [m]
i_z	Poloměr setrvačnosti k ose z [m]
M_{Ed}	Návrhová hodnota ohybového momentu [kNm]
N_{Ed}	Návrhová hodnota normálové síly [kN]
Q_d	Návrhová hodnota proměnného zatížení [kN/m]
Q_k	Charakteristická hodnota proměnného zatížení [kN/m]
V_{Ed}	Návrhová hodnota posouvající síly [kN]
$V_{Rd,s}$	Návrhová hodnota posouvající síly, kterou může převzít smyková výztuž na mezi kluzu [kN]
b	Šířka prvku [m]
b_w	Nejmenší šířka průřezu v tažené oblasti [m]
c_{min}	Minimální krycí vrstva s přihlédnutím k požadavku soudržnosti [mm]
c_{nom}	Jmenovitá hodnota tloušťky krycí vrstvy [mm]
d_1, d_2	Vzdálenost od kraje průřezu k ose výztuže [mm]
f_{ck}	Charakteristická hodnota pevnosti betonu v tlaku [MPa]
f_{cd}	Návrhová hodnota pevnosti betonu v tlaku [MPa]
f_{ctm}	Střední návrhová hodnota pevnosti betonu v tahu [MPa]
$f_{ctk,0,05}$	5% kvantil charakteristické hodnoty pevnosti v tahu [MPa]

f_{yk}	Charakteristická hodnota pevnosti oceli v tahu na mezi kluzu [MPa]
f_{yd}	Návrhová hodnota pevnosti oceli v tahu na mezi kluzu [MPa]
g_k	Charakteristická hodnota stálého zatížení [kN/m ²]
g_d	Návrhová hodnota stálého zatížení [kN/m ²]
h	Výška prvku [m]
l	Délka prvku [m]
m_{Ed}	Návrhová hodnota ohybového momentu [kNm/m]
n	Počet [ks]
n_{Ed}	Návrhová hodnota normálové síly [kN/m]
q_k	Charakteristická hodnota proměnného zatížení [kN/m ²]
q_d	Návrhová hodnota proměnného zatížení [kN/m ²]
s_s	Osová vzdálenost výztuže [mm]
Δc_{dev}	Přídavek k minimální krycí vrstvě zohledňující možné odchylky [mm]
φ	Průměr prutu výztuže [mm]
α_{cw}	Součinitel, kterým se zohledňuje stav napětí v tlačném pásu
γ_c	Součinitel spolehlivosti betonu
γ_Q, γ_G	Dílčí součinitelé zatížení
γ_s	Součinitel spolehlivosti oceli
ρ_{sw}	Stupeň vyztužení smykovou výztuží
ψ	Součinitele, kterými se definují reprezentativní hodnoty proměnného zatížení

Seznam použitého softwaru:

Microsoft Office 365 Word

Microsoft Office 365 Excel

SCIA Engineer 19.1 – studentská verze

ArchiCAD 20 – studentská verze

1 Úvod

Předmětem bakalářské práce je návrh a posudek nosného konstrukčního systému objektu. Jedná se o bytový dům, jehož studie, kterou vypracovali Ing. arch. Jaroslav Klega a Ing. arch. Petr Doležal, byla zapůjčena stavební firmou JTA Holding, spol. s r.o. a byla použita jako podklad pro vypracování této práce. Statická analýza konstrukčního systému je provedena ve výpočetním programu SCIA Engineer. Statický model je zatížen reálným zatížením, podle použitých stavebních materiálů a umístění stavby. Návrhové vnitřní síly v nosných konstrukcích jsou vypočteny metodou konečných prvků.

1.1 Cíl bakalářské práce

Cílem bakalářské práce je navrhnout konstrukce bezpečně i ekonomicky a posoudit podle platných norem a konstrukčních zásad. Vytvořit výpočetní 3D model, který bude co nejvíce odpovídat skutečnému zatížení a chování konstrukcí. Navržení nosné výztuže železobetonových prvků ekonomicky a s ohledem na efektivitu výstavby. Dále budou vypracovány i výkresy výztuže vybraných železobetonových prvků.

2 Technická zpráva**2.1 Popis objektu**

Objekt bude využíván jako bytový dům, který je součástí souboru 16 identických domů rozdělených do 4 bloků. Bude umístěn v lokalitě Opava – Předměstí, na ulici Vančurova. Objekt je obdélníkového tvaru o půdorysných rozměrech 18,75 x 26,70 m a je zastřešen plochou střechou. Skládá se z podzemních garáží (1.PP), přízemí (1.NP), typových podlaží (2. až 5. NP) a residenční podlaží s terasou (6.NP). Konstrukční výška podlaží je 3,5 m.

2.2 Nosné konstrukce

Nosný systém je tvořen železobetonovými sloupy, o rozměrech 600 x 300 mm a rozteči maximálně 7,8 m, jednosměrnými průvlaky, o rozměrech 450 x 650 mm, stropními deskami tloušťky 250 mm a zděnými stěnami z tvárnic Porotherm 30 Profi.

2.3 Nenosné konstrukce

Nenosné stěny jsou tvořeny sádkartonovými příčkami na ocelovém roštu. Podlahy jsou převážně keramické dlažby nebo laminátové podlahy. Střešní pláště jsou tvořeny foliovou krytinou bez kotvení zatíženou betonovou dlažbou na terase v 6.NP a kačírkem na střeše nad 6.NP. Skladby podlah i střešních plášťů jsou popsány v kapitole 3. Zatížení.

2.4 Materiály nosných konstrukcí

Všechny železobetonové prvky jsou z betonu třídy C25/30 a betonářské ocelové výztuže třídy B500B. Zděné stěny jsou z keramických bloků Porotherm 30 Profi pevnostní třídy P15 na tenkovrstvou maltu Profi od výrobce Wienerberger.

2.5 Vizualizace objektu

Vizualizace objektu byla vytvořena jako součást studie pro revitalizaci areálu Dukelských kasáren v Opavě a byla zhotovena Ing. arch. Jaroslavem Klegou a Ing. arch. Petrem Doležalem.



Obrázek č. 1 – Vizualizace objektu 1



Obrázek č. 2 – Vizualizace objektu 2



Obrázek č. 3 – Vizualizace objektu 3



Obrázek č. 4 – Vizualizace objektu 4

3 Zatížení

Na celý konstrukční systém byla uvažována všechna možná zatížení jak stálá, tak proměnlivá, která se mohou na konstrukci vyskytnout. Mimořádná zatížení jako např. zatížení nárazem, výbuchem nebo zemětřesením není zohledněno, protože konstrukce není ohrožována žádnou z těchto podmínek. Mezi zohledněná stálá zatížení patří: vlastní tíha konstrukcí, zatížení od podlah a střešních plášťů a tlak zeminy na suterénní stěny, mezi proměnlivá zatížení jsou zohledněna zatížení: užitná, od přemístitelných přiček, sněhem a větrem.

3.1 Stálá zatížení

Stálá zatížení působí na konstrukci po celou dobu její životnosti a jejich směr a velikost se v čase příliš nemění. Pro výpočet návrhového stálého zatížení se používá součinitel zatížení $\gamma_G = 1,35$ pro nepříznivý směr zatížení a $\gamma_G = 1,0$ pro příznivý směr zatížení. Výsledná zatížení od skladeb podlah a střešních plášťů jsou znázorněna v následujících tabulkách.

Tabulka č. 1 – Stálé zatížení od podlahy

Popis zatížení – podlaha na stropě	tl. [mm]	ρ [kg/m ³]	g_k [kN/m ²]	γ [-]	g_d [kN/m ²]
Keramická dlažba	10	2200	0,22	1,35	0,30
Cementové lepidlo	6	2000	0,12	1,35	0,16
Hydroizolační stěrka	2	1260	0,03	1,35	0,03
Betonová mazanina	50	2500	1,25	1,35	1,69
EPS deska podlahového topení	50	60	0,03	1,35	0,04
Kročejová izolace EPS	30	60	0,02	1,35	0,02
- vlastní tíha stropu započtena výpočetním programem			1,66		2,25

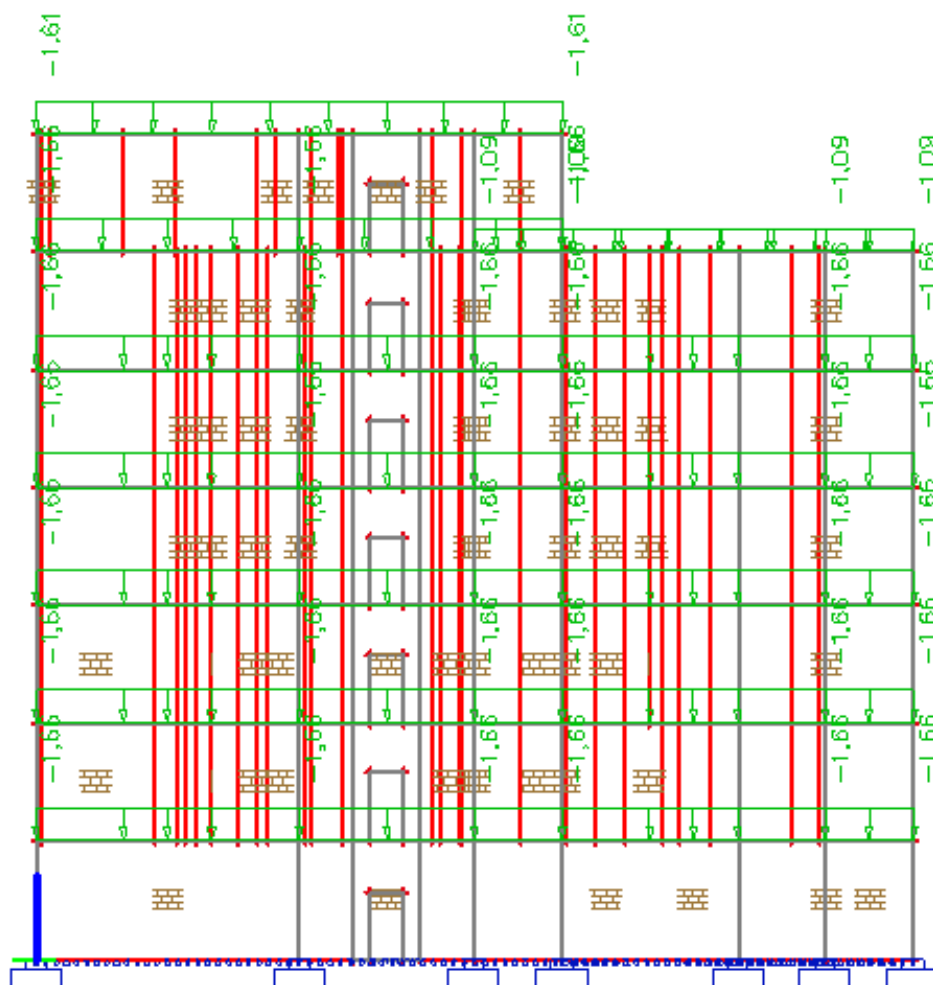
Tabulka č. 2 – Stálé zatížení od terasy

Popis zatížení – terasa 6.NP	tl. [mm]	ρ [kg/m ³]	g_k [kN/m ²]	γ [-]	g_d [kN/m ²]
Betonová dlažba	40	2300	0,92	1,35	1,24
PVC-P folie	1,5	1400	0,02	1,35	0,03
Tepelná izolace PIR	120	50	0,06	1,35	0,08
Spádové klíny EPS	60	60	0,04	1,35	0,05
Asfaltové pásy SBS	4	1400	0,06	1,35	0,08
- vlastní tíha stropu započtena výpočetním programem			1,09		1,48

Tabulka č. 3 – Stálé zatížení od střechy nad 6.NP

Popis zatížení – střecha nad 6.NP	tl. [mm]	ρ [kg/m ³]	g_k [kN/m ²]	γ [-]	g_d [kN/m ²]
Kačírek	80	1800	1,44	1,35	1,94
PVC-P folie	1,5	1400	0,02	1,35	0,03
Tepelná izolace PIR	120	50	0,06	1,35	0,08
Spádové klíny EPS	60	60	0,04	1,35	0,05
Asfaltové pásy SBS	4	1400	0,06	1,35	0,08
- vlastní tíha stropu započtena výpočtním programem			1,61		2,18

Na obrázku č. 5 je znázorněno rozmístění stálého zatížení od podlah a střešních plášťů na železobetonové desky. Vlastní tíha nosných konstrukcí je započtena programem SCIA Engineer do samostatného zatěžovacího stavu.



Obrázek č. 5 – Rozmístění stálého zatížení na konstrukci

3.2 Proměnná zatížení

Proměnná zatížení nepůsobí na konstrukci po celou dobu její životnosti a jejich velikost a směr se v čase mění. Pro výpočet návrhového proměnného zatížení se používá součinitel zatížení $\gamma_Q = 1,5$ pro nepříznivý směr zatížení a $\gamma_Q = 0$ pro příznivý směr zatížení. Mezi proměnná zatížení patří například: zatížení užitná (interiérové vybavení a pohyb osob v objektu), zatížení sněhem, zatížení větrem a zatížení teplotou.

3.2.1 Užitná zatížení

U řešeného objektu byly užitná zatížení zařazena dle ČSN EN 1991-1-1 do kategorie A – obytné plochy a plochy pro domácí činnosti. Zatížení kategorie H – střechy nepřístupné s výjimkou běžné údržby a oprav se neuvažuje na střeše nad 6.NP, protože užitná zatížení se nekombinuje se zatížením sněhem a větrem dle normy, za předpokladu, že užitné zatížení je menší než zatížení sněhem. Dále se mezi užitné zatížení uvažuje zatížení od lehkých přemístitelných příček ze sádkartonu, viz následující tabulky.

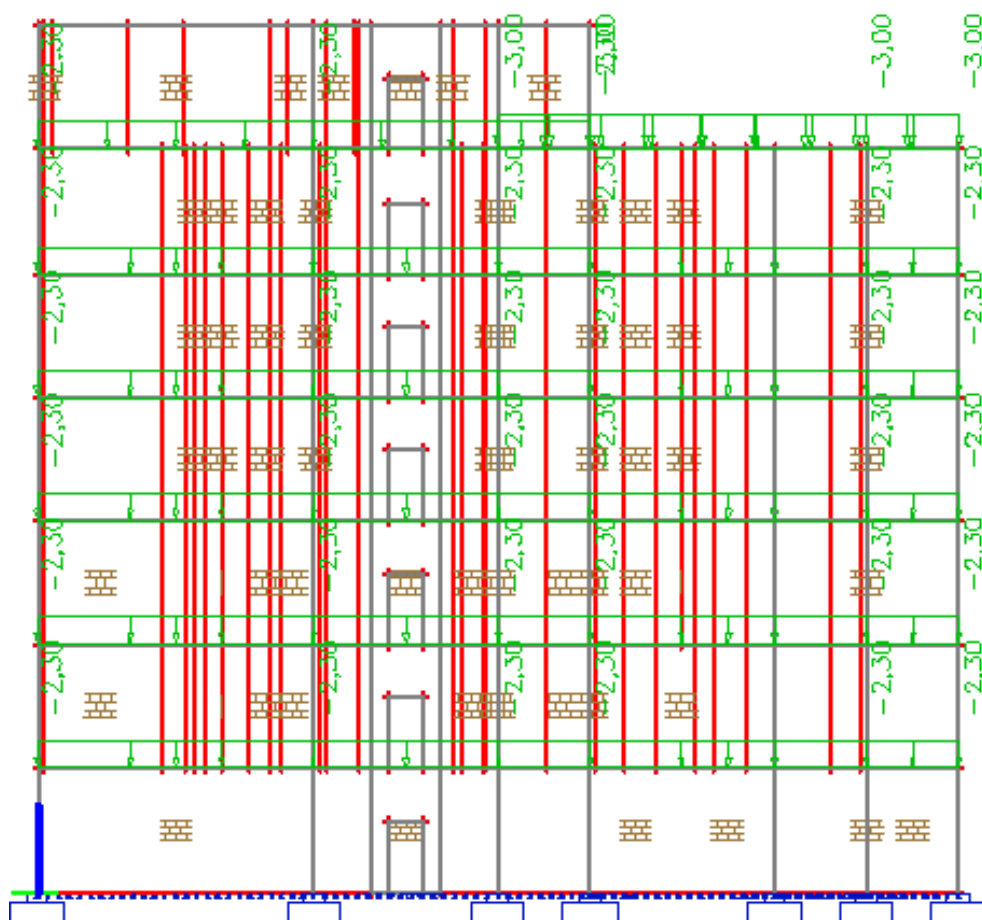
Tabulka č. 4 – Užitná zatížení na stropních konstrukcích

Popis zatížení – užitné zatížení – stropní konstrukce	q_k [kN/m ²]	γ [-]	q_d [kN/m ²]
Kategorie A: obytné plochy	1,50	1,5	2,25
Přemístitelné příčky: SDK na ocelovém roštu výšky 3 m	0,80	1,5	1,20
	2,30		3,45

Tabulka č. 5 – Užitná zatížení na terase

Popis zatížení – užitné zatížení – terasa	q_k [kN/m ²]	γ [-]	q_d [kN/m ²]
Kategorie A: obytné plochy	3,00	1,5	4,50

Na obrázku č. 6 je znázorněno rozmístění užitných zatížení na konstrukci.



Obrázek č. 6 – Rozmístění užitého zatížení na konstrukci

3.2.2 Zatížení sněhem

Objekt je umístěn ve sněhové oblasti II., to znamená charakteristické zatížení sněhem na zem $s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$. Pro určení charakteristického zatížení na střeše je zapotřebí znát sklon a tvar střechy, tepelnou propustnost střechy a typ okolní krajiny.

Součinitele zohledňující uložení sněhu:

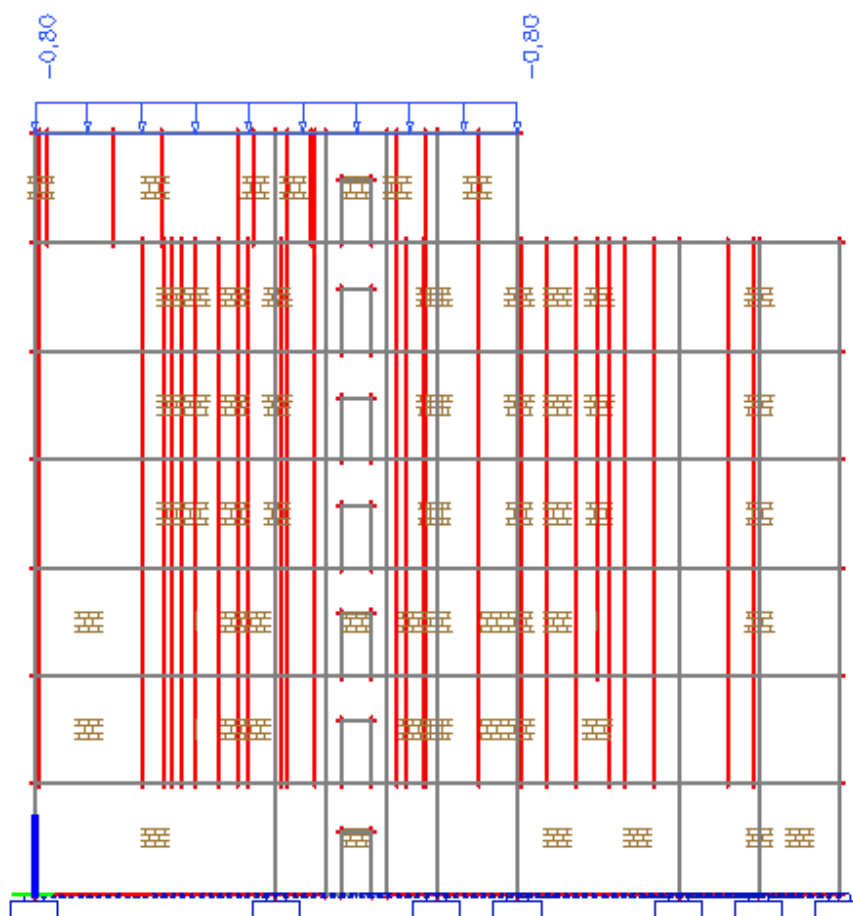
Tvarový součinitel $\mu = 0,8$ – sklon střechy $< 30^\circ$

Součinitel expozice $C_e = 1,0$ – normální typ krajiny

Tepelný součinitel $C_t = 1,0$ – tepelná propustnost $< 1 \text{ W/m}^2\text{K}$

$$s = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = \underline{0,8 \text{ kN/m}^2}$$

Na obrázku č. 7 je znázorněno rozmístění zatížení sněhem na konstrukci.



Obrázek č. 7 – Rozmístění zatížení sněhem na konstrukci

3.2.3 Zatížení větrem

Budova se nachází ve větrné oblasti III. se základní rychlostí větru $v_{b,0} = 27,5$ m/s a terénu kategorie III. Pro určení charakteristického dynamického tlaku větru q_p je zapotřebí těchto parametrů:

Součinitel směru větru $c_{dir} = 1,0$

Součinitel ročního období $c_{season} = 1,0$

Základní rychlost větru $v_b = v_{b,0} \cdot c_{dir} \cdot c_{season} = 27,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 27,5$ m/s

Hustota vzduchu $\rho = 1,25$ kg/m³

Základní tlak větru $q_b = 0,5 \cdot \rho \cdot v_b = 0,5 \cdot 1,25 \cdot 27,5 = 17,188$ kg/m²s

Referenční výška $z_e = 26$ m

Parametr drsnosti terénu $z_0 = 0,3$ m

Minimální výška objektu $z_{min} = 5$ m

Součinitel terénu $k_r = 0,19 \left(\frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07} = 0,19 \left(\frac{0,3}{0,05} \right)^{0,07} = 0,215$

Součinitel drsnosti terénu $c_r(z) = k_r \cdot \ln \frac{z}{z_0} = 0,215 \cdot \ln \frac{26}{0,3} = 0,961$

Součinitel orografie $c_0(z) = 1,0$

Charakteristická střední rychlost větru $v_m = c_r \cdot c_0 \cdot v_b = 0,961 \cdot 1,0 \cdot 27,5 = 26,43$ m/s

Intenzita turbulence $I_v = \frac{k_I}{c_0(z) \cdot \ln \frac{z}{z_0}} = \frac{1}{1 \cdot \ln \frac{26}{0,3}} = 0,224$

Maximální charakteristický dynamický tlak větru:

$$q_p(z) = [1 + 7I_v(z)] \cdot 0,5\rho \cdot v_m^2 = [1 + 7 \cdot 0,224] \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 26,43^2 = 1121,16 \text{ N/m}^2 = \underline{\underline{1,12 \text{ kN/m}^2}}$$

V modelu je zatížení větrem určeno pomocí funkce 3D vítr programu SCIA Engineer, která vypočte zatížení a umístí ho na střešní a obvodový plášť do oblastí dle ČSN EN 1991-1-4. Celkově program vytvoří 16 zatěžovacích stavů podle směru větru a rozdílu vnitřního a vnějšího tlaku.

4 Účinky zatížení

Návrhové vnitřní síly na konstrukcích se počítají z kombinací, vytvořených programem SCIA Engineer, podle ČSN EN 1990. Pro mezní stav únosnosti je použit kombinační vztah (4.1) STR a GEO a pro posouzení se používá ta nejnepříznivější kombinace.

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{j > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (4.1)$$

Pro mezní stav použitelnosti se pak používají kombinace charakteristické.

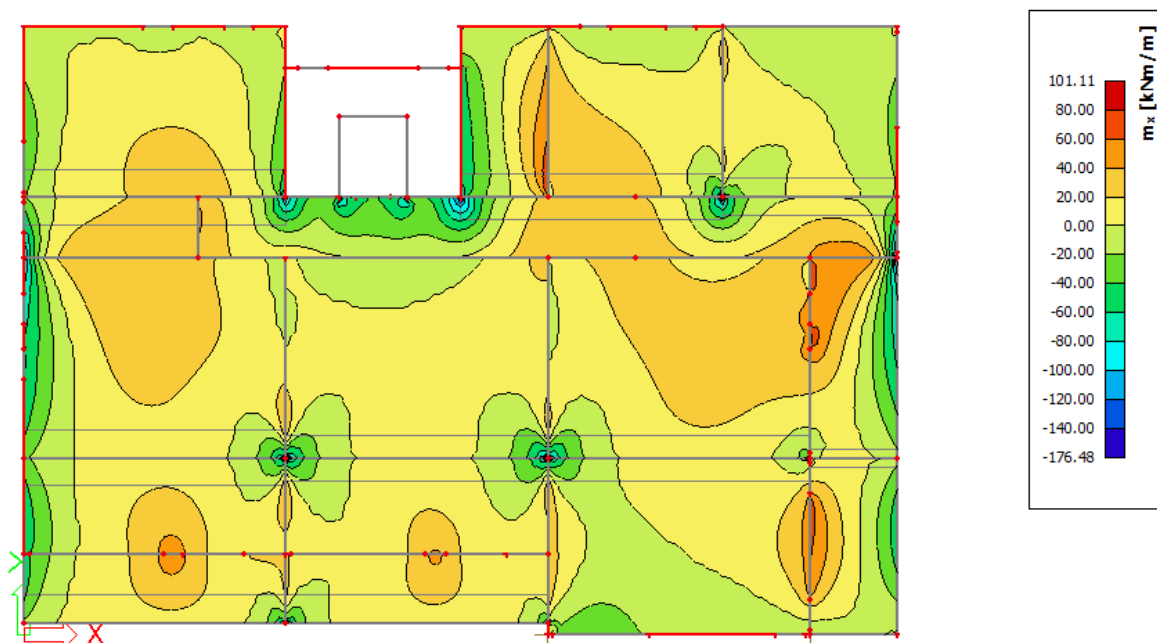
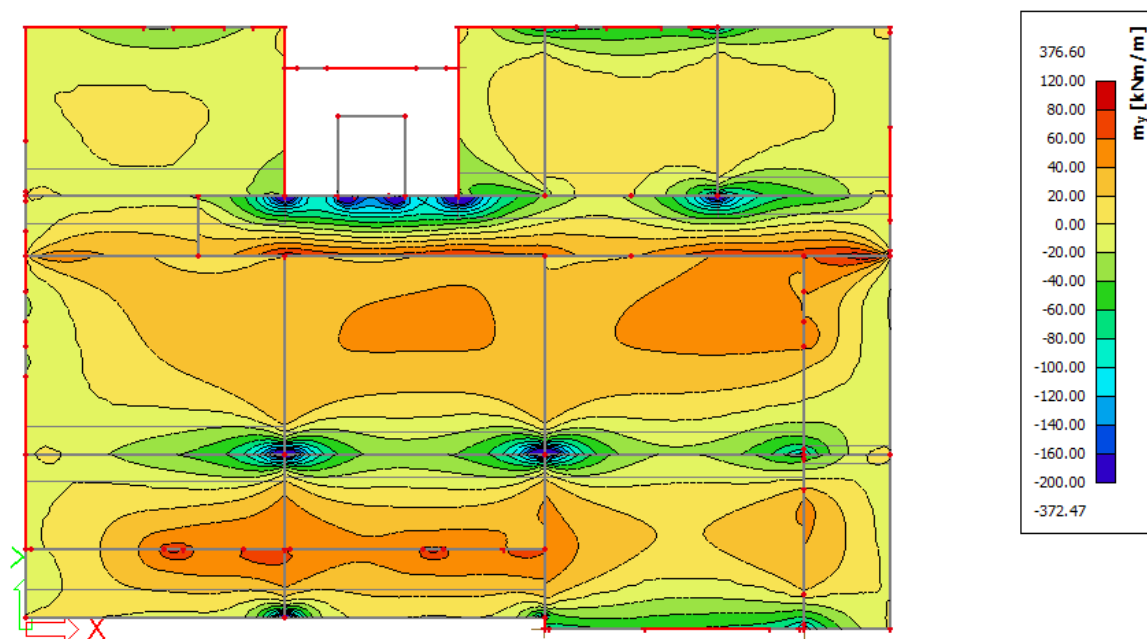
Účinky zatížení na konstrukci vypočte program SCIA Engineer, který pracuje na základě metody konečných prvků. Přesnost výsledných účinků zatížení závisí na zvolené velikosti konečných prvků a postupu výpočtu. V tomto případě byl zvolen konečný prvek čtvercového tvaru o délce strany 0,2 m a iterační postup výpočtu, z důvodu nedostatečné výpočetní paměti počítače na provedení přímého výpočtu. Metoda konečných prvků počítá účinky zatížení pomocí základní maticové rovnice (4.2), kde K je matice tuhosti konstrukce, F vektor zatížení a r vektor deformací.

$$[K]\{r\} = \{F\} \quad (4.2)$$

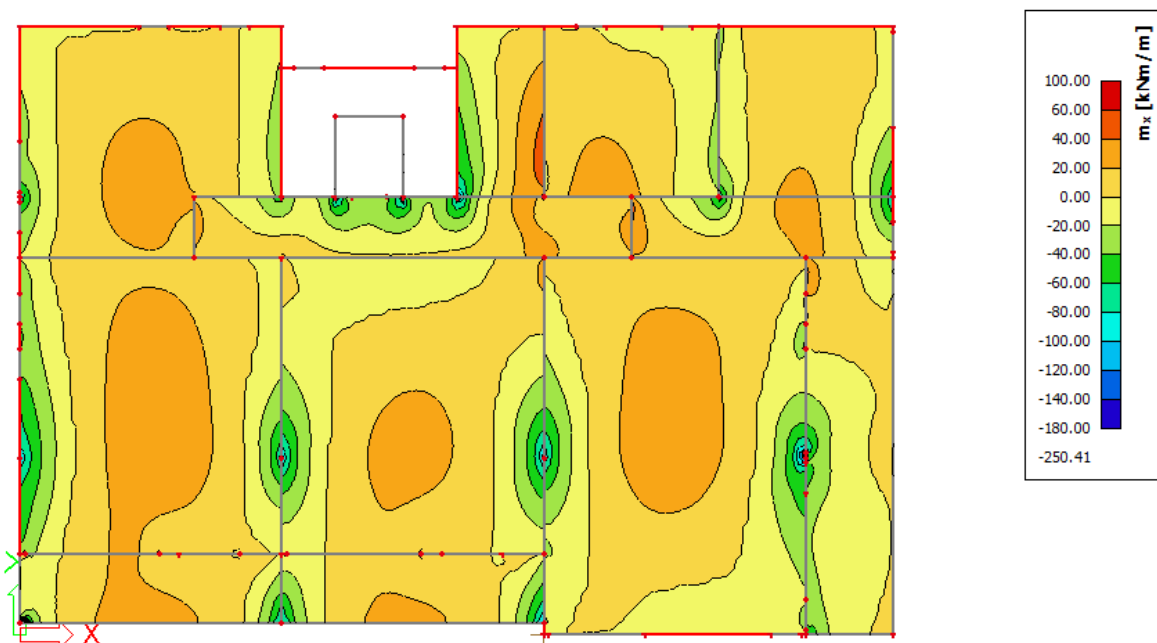
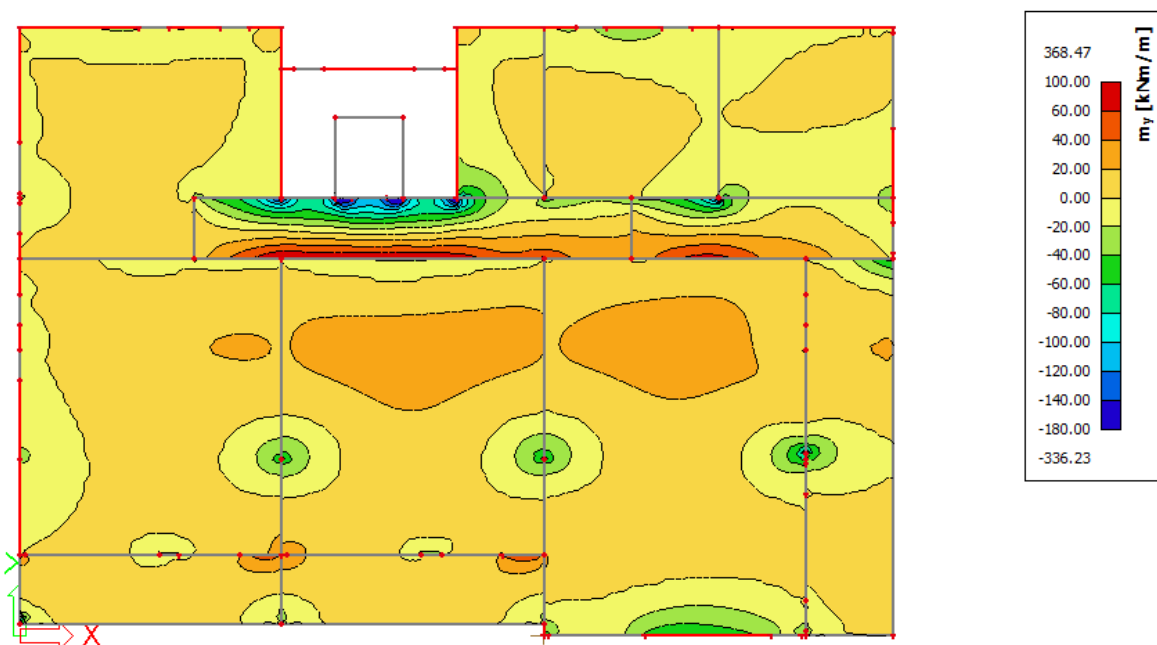
4.1 Vnitřní síly na deskách

Součástí práce je návrh a posouzení čtyř železobetonových desek a to: deska nad 1.PP, deska nad 1. až 4.NP (typová podlaží), deska nad 5.NP a deska nad 6.NP. Na následujících obrázcích jsou zobrazeny výsledné ohybové momenty na deskách a vykresleny formou izopásů.

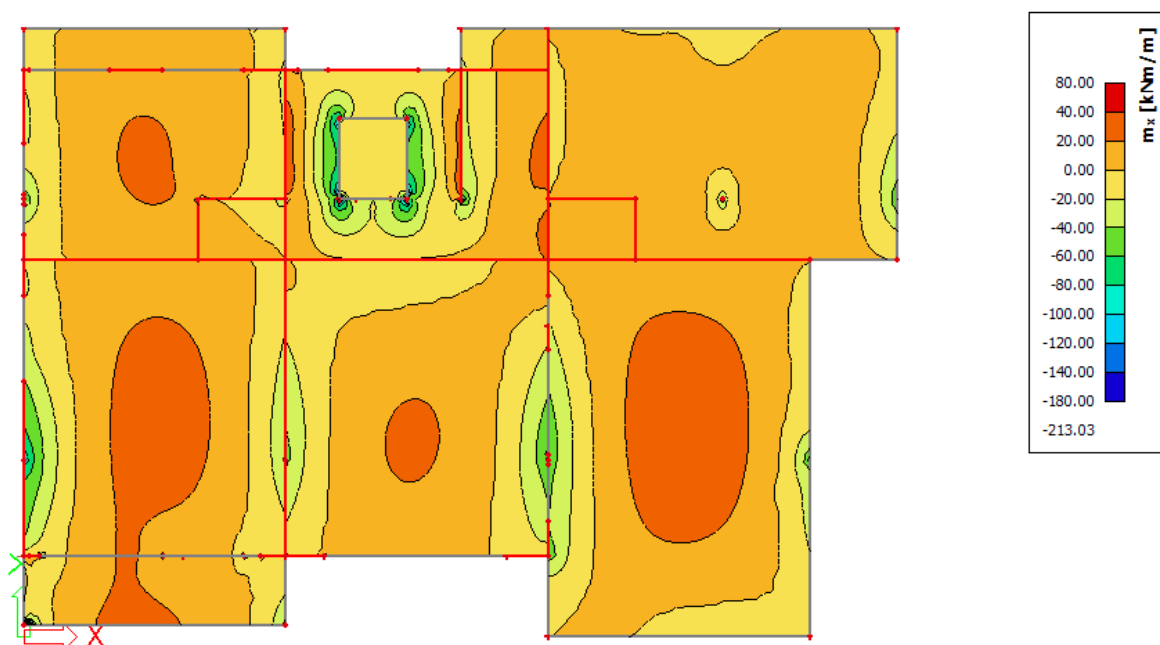
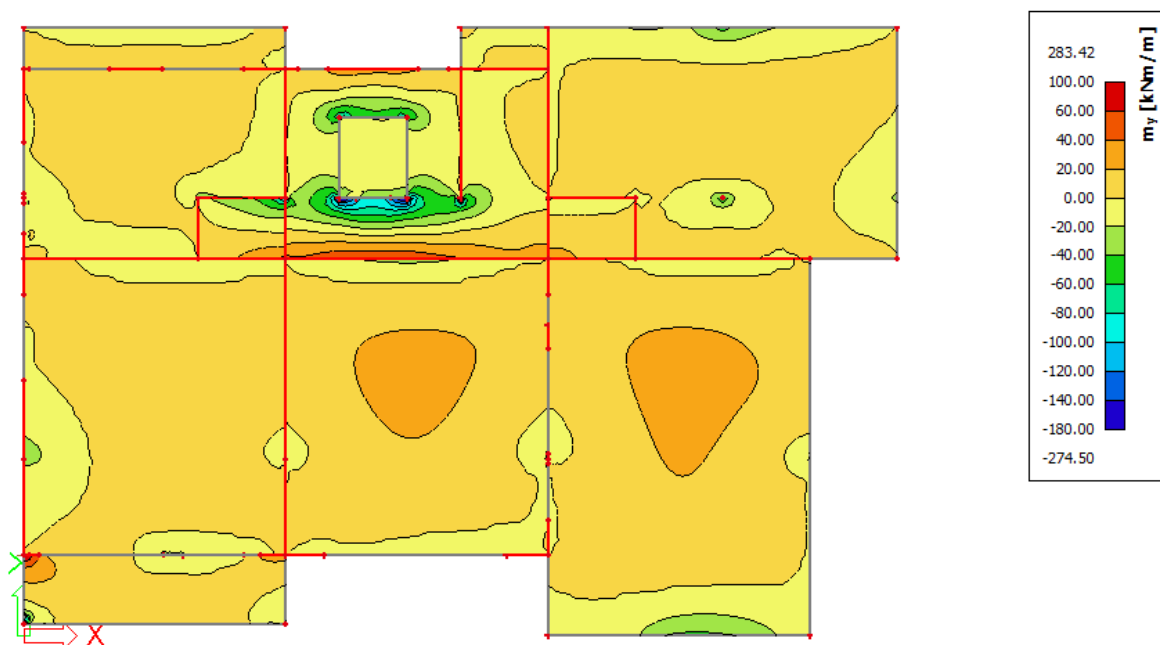
4.1.1 Deska nad 1.PP

Obrázek č. 8 – Ohybové momenty m_x [kNm/m] desky nad 1.PPObrázek č. 9 – Ohybové momenty m_y [kNm/m] desky nad 1.PP

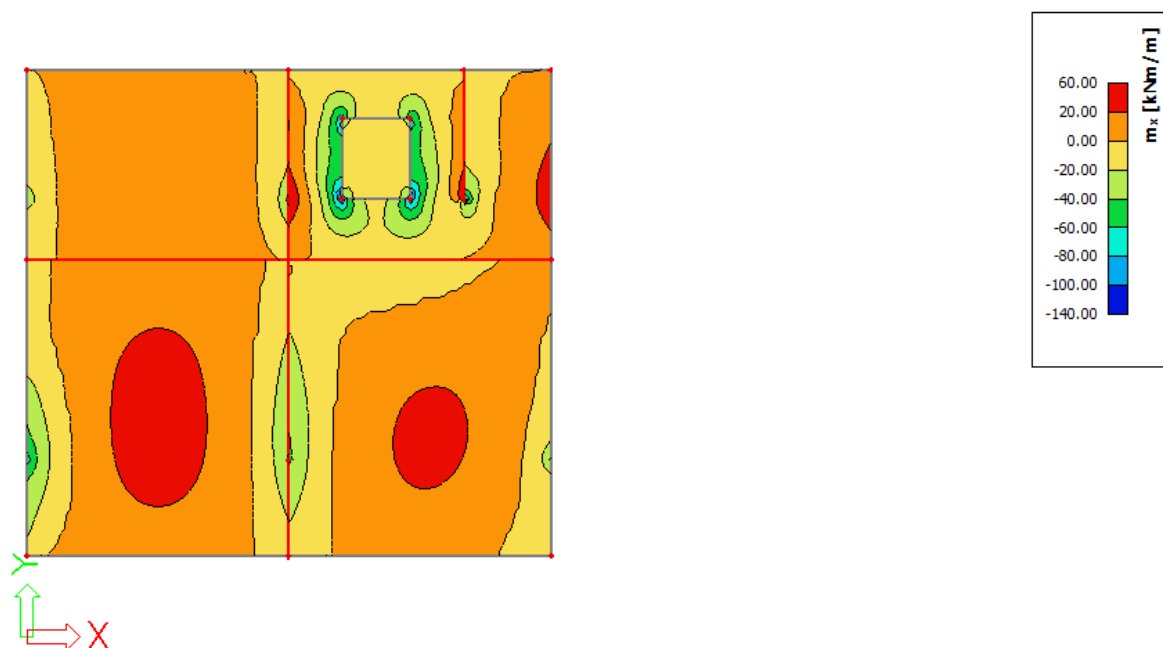
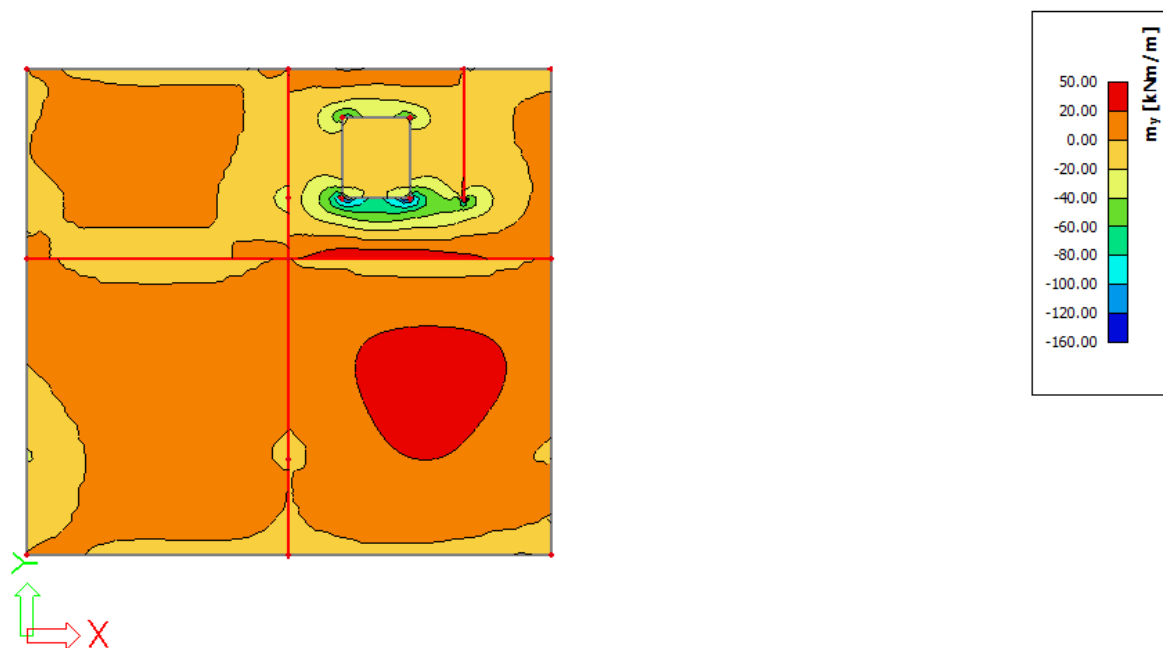
4.1.2 Desky nad 1. až 4.NP

Obrázek č. 10 – Ohybové momenty m_x [kNm/m] desky nad 1. – 4.NPObrázek č. 11 – Ohybové momenty m_y [kNm/m] desky nad 1. – 4.NP

4.1.3 Deska nad 5.NP

Obrázek č. 12 – Ohybové momenty m_x [kNm/m] desky nad 5.NPObrázek č. 13 – Ohybové momenty m_y [kNm/m] desky nad 5.NP

4.1.4 Deska nad 6.NP

Obrázek č. 14 – Ohybové momenty m_x [kNm/m] desky nad 6.NPObrázek č. 15 – Ohybové momenty m_y [kNm/m] desky nad 6.NP

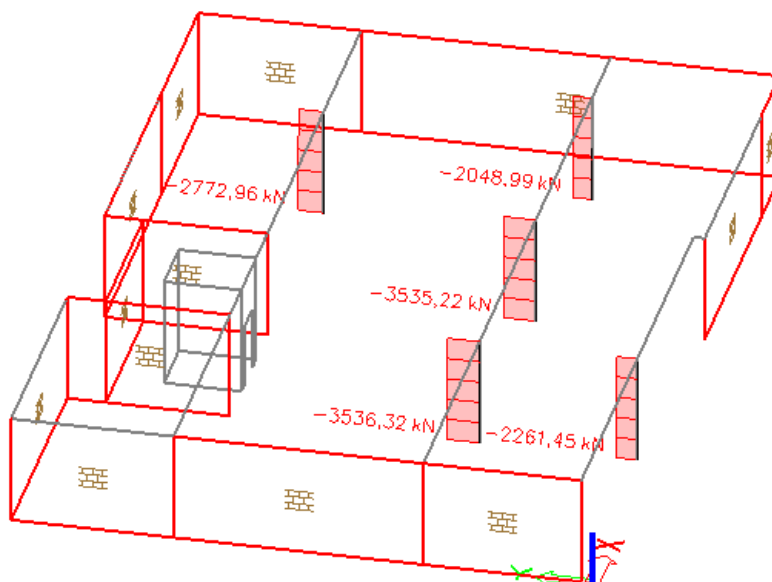
4.2 Vnitřní síly ve sloupech

V rámci práce jsou navrženy a posouzeny pouze sloupy v 1.PP. Sloupy jsou obdélníkového průřezu 600 x 300 mm o výšce 3,5 m. Sloupy jsou převážně namáhané normálovou silou N a dvouosým ohybem momenty M_y a M_z .

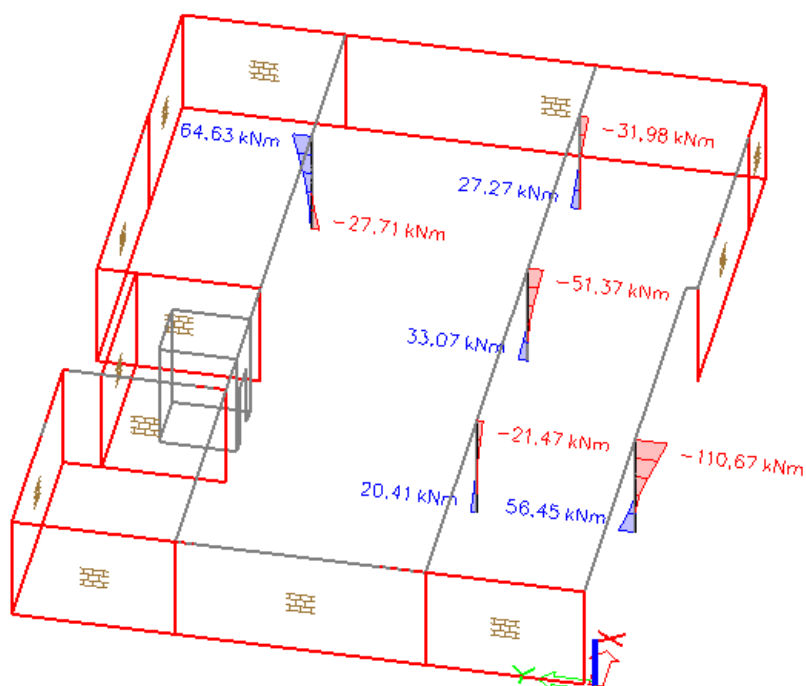
Pro posouzení sloupu jsou potřeba minimálně 3 kombinace, jednu obsahující extrémní normálovou sílu N a příslušné ohybové momenty M_y a M_z , jednu obsahující extrémní ohybový moment M_y a příslušné vnitřní síly N a M_z a jednu obsahující extrémní ohybový moment M_z a příslušné vnitřní síly N a M_y .

Tabulka č. 6 – Návrhové kombinace pro posouzení sloupu v 1.PP

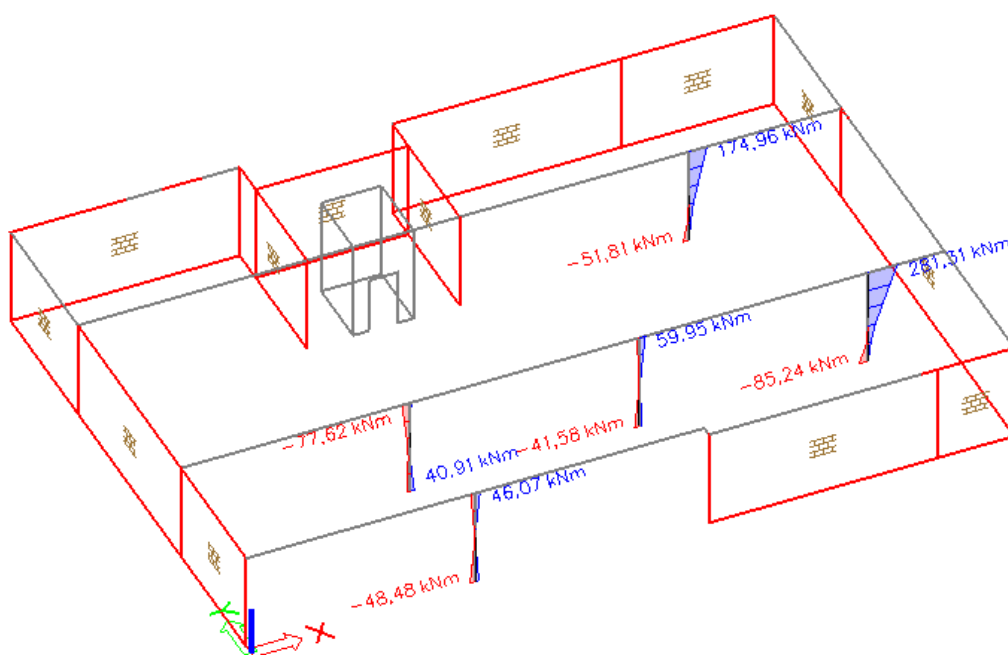
Kombinace	N [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]
C1	-3536,32	19,41	17,11
C2	-1208,49	-12,25	113,74
C3	-2240,59	-110,67	171,71
C4	-2028,13	-13,00	281,31



Obrázek č. 16 – Normálové síly N [kN] ve sloupech 1.PP



Obrázek č. 17 – Ohybové momenty M_y [kNm] ve sloupech 1.PP



Obrázek č. 18 – Ohybové momenty M_z [kNm] ve sloupech 1.PP

4.3 Vnitřní síly v průvlacích

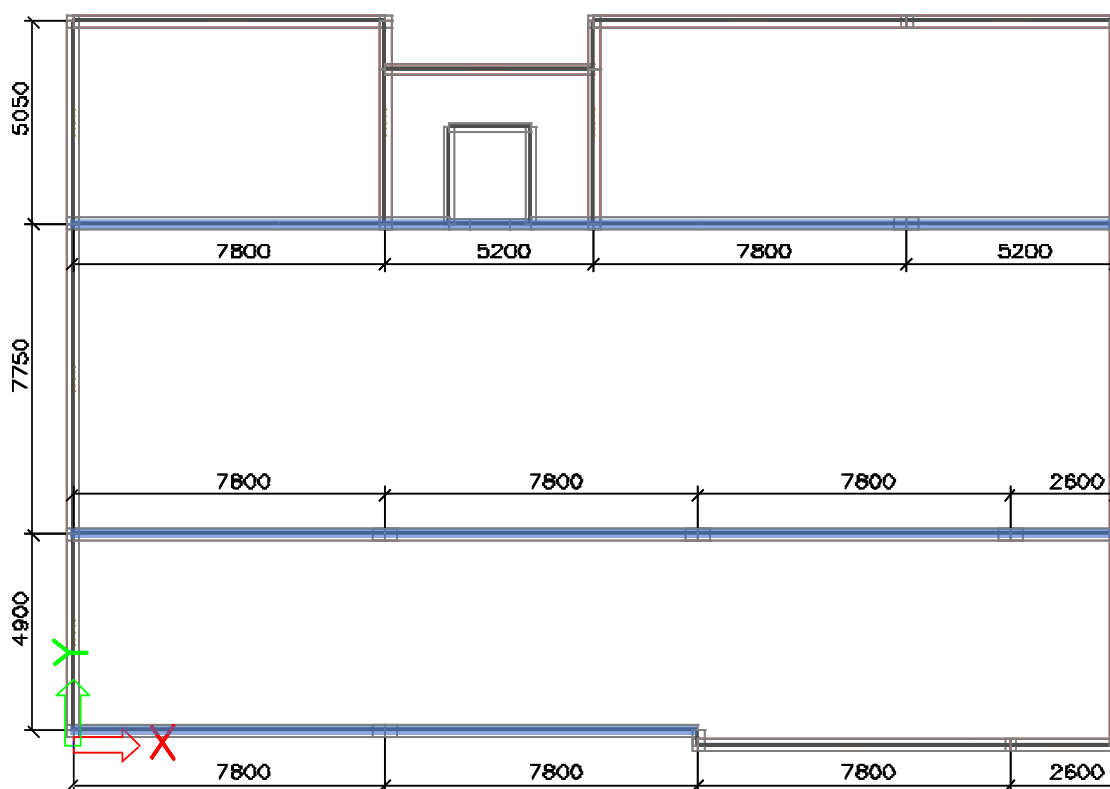
Součástí práce je návrh a posouzení průvlaků pouze v 1.PP. Průvlaký mají průřezové rozměry 450 x 650 mm včetně desky nad 1.PP. Na následujících obrázcích jsou znázorněny průběhy vnitřních sil v průvlacích a na obrázku č. 19 je půdorysné schéma průvlaků.

Návrhové vnitřní síly pro posouzení průvlaků jsou:

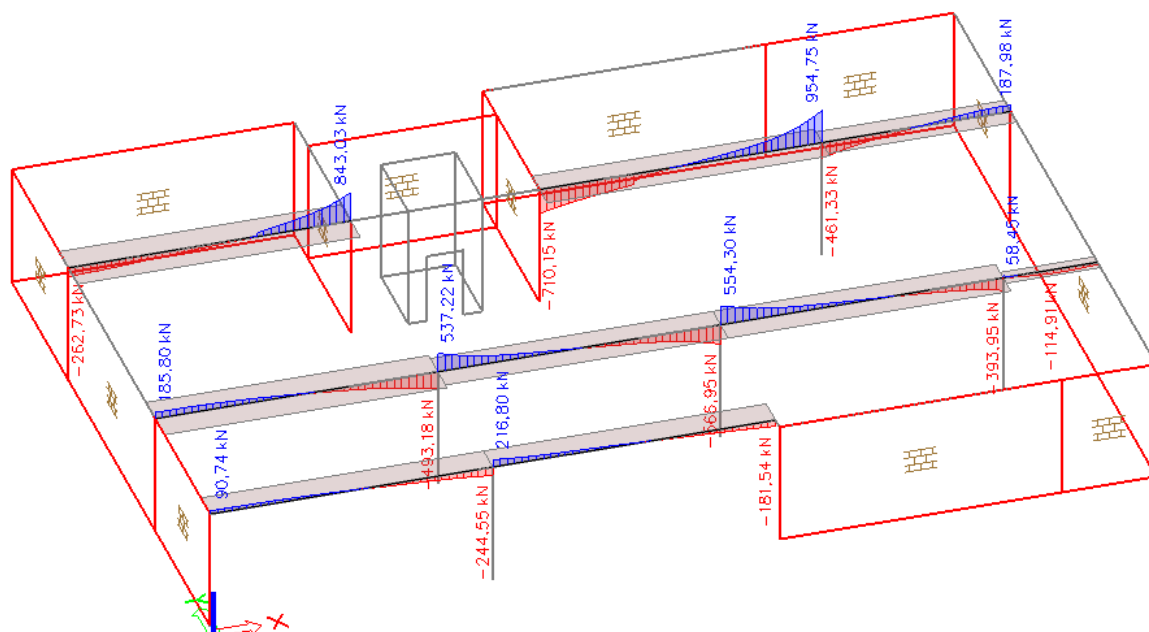
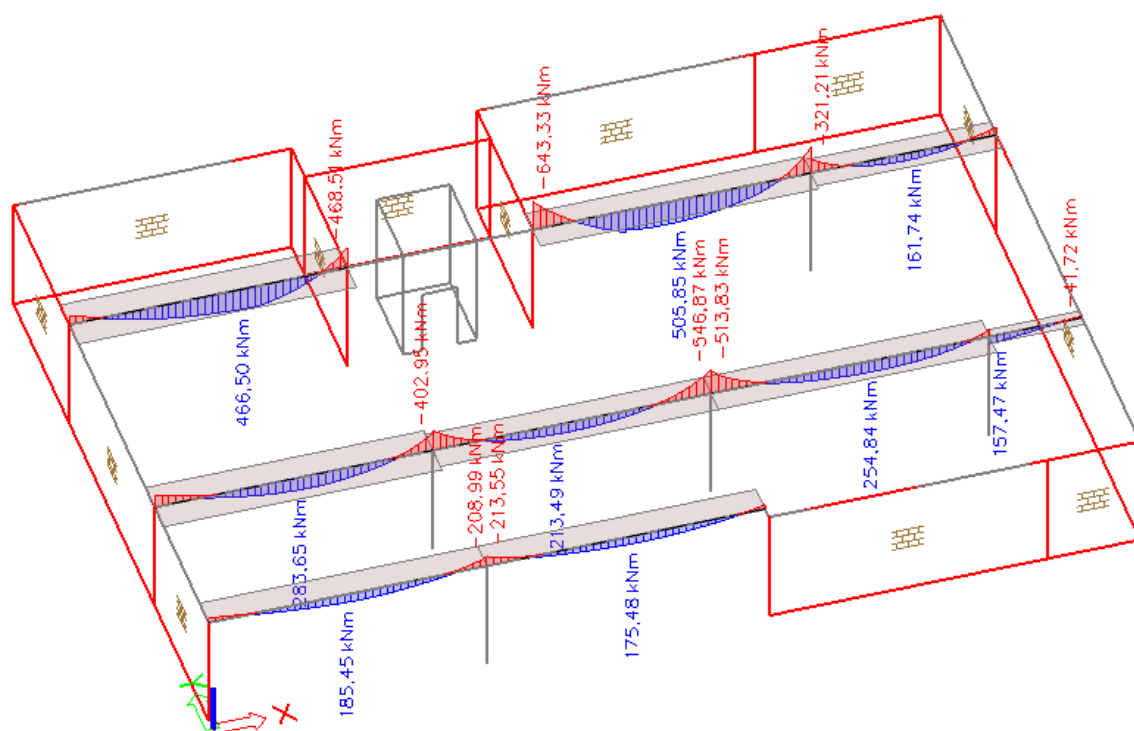
$$V_{Ed,z} = 954,75 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,y}^+ = 505,85 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,y}^- = -643,33 \text{ kNm}$$

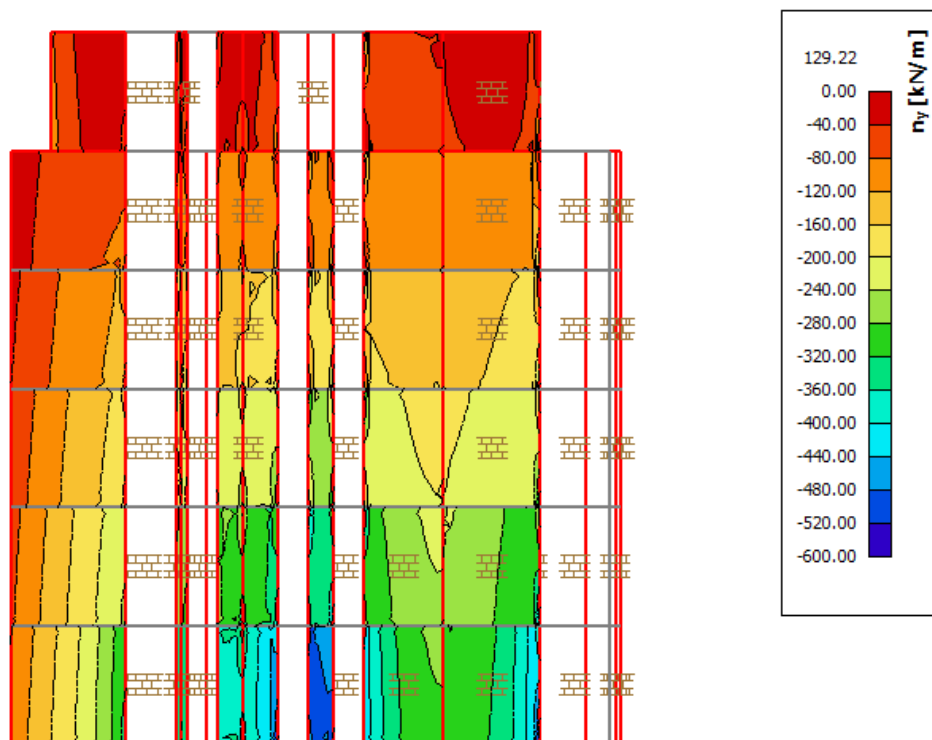


Obrázek č. 19 – Půdorysné schéma průvlaků 1.PP

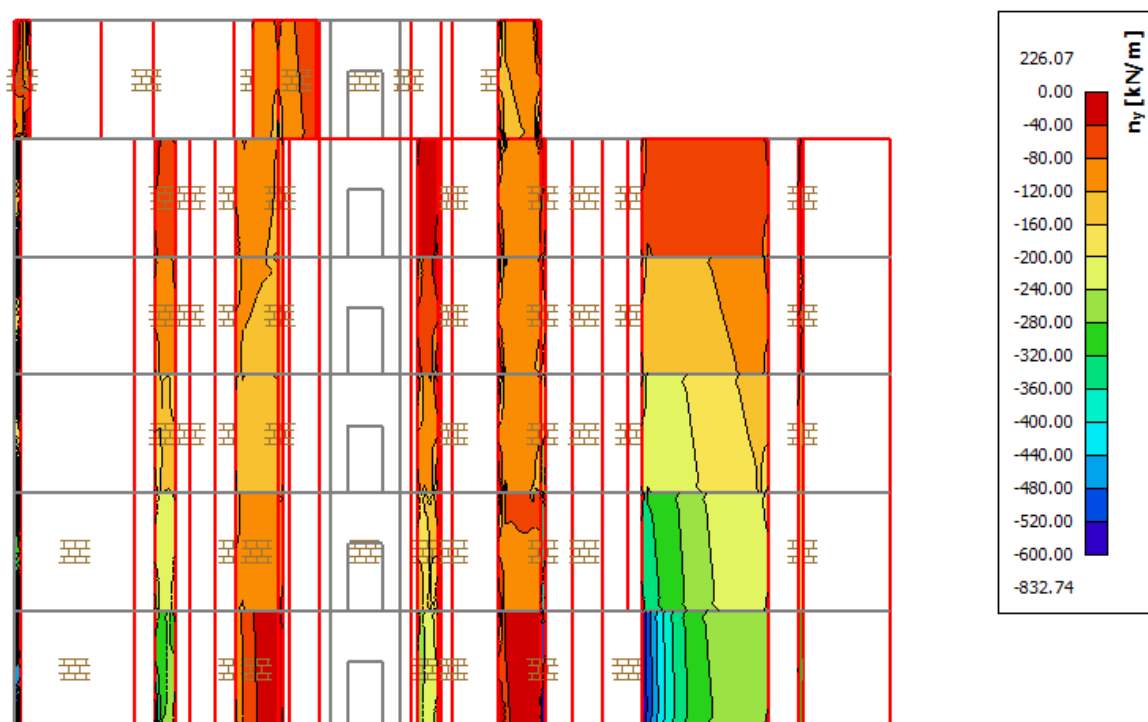
Obrázek č. 20 – Posouvající síly V_z [kN] v průvlacích 1.PPObrázek č. 21 – Ohybové momenty M_y [kNm] v průvlacích 1.PP

4.4 Vnitřní síly na stěnách

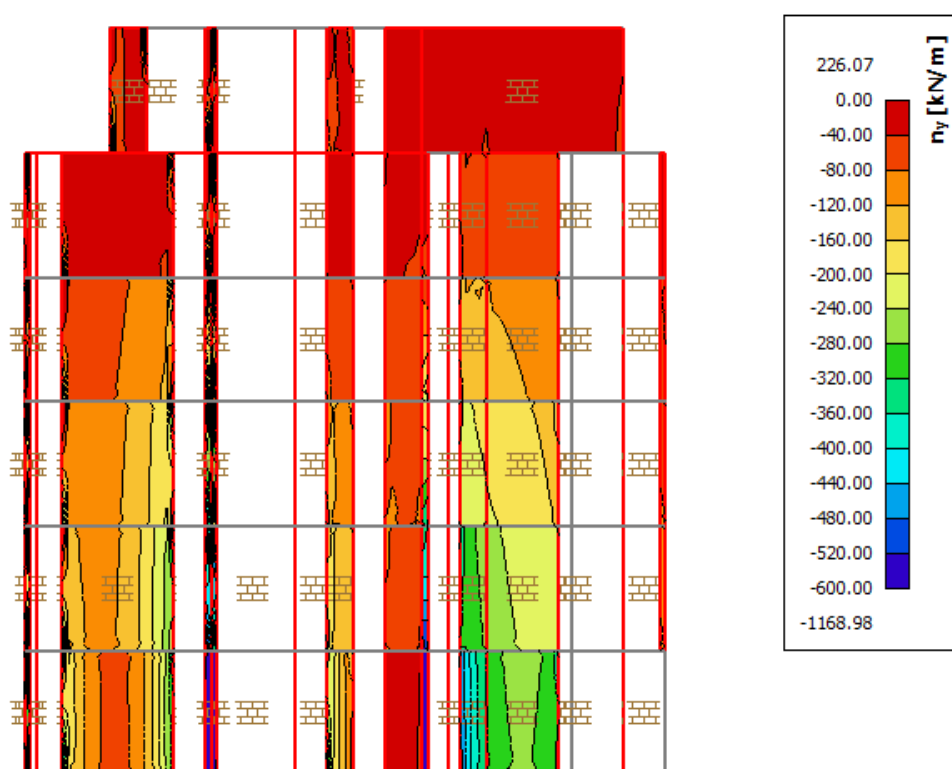
V rámci této práce jsou posouzeny jen obvodové stěny namáhané svislým a bočním zatížením (větre). Na následujících obrázcích jsou znázorněny návrhové vnitřní síly na obvodových stěnách z keramických bloků Porotherm 30.



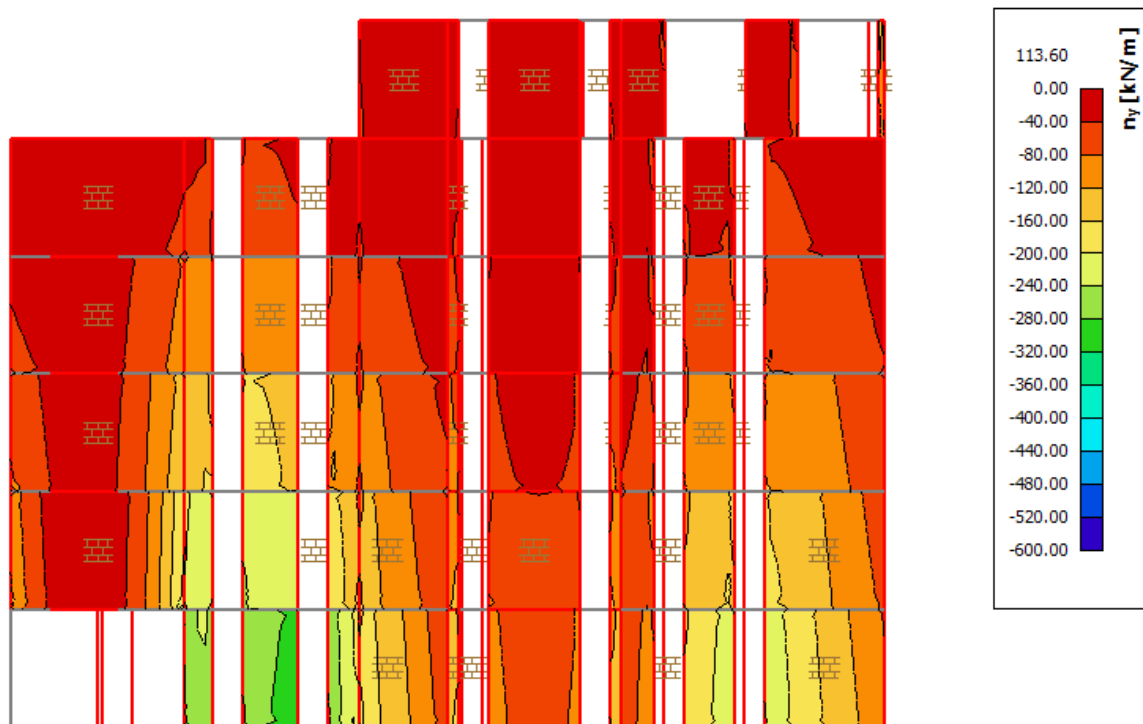
Obrázek č. 22 – Normálové síly n_y [kN/m] na západní straně budovy



Obrázek č. 23 – Normálové síly n_y [kN/m] na jižní straně budovy



Obrázek č. 24 – Normálové síly n_y [kN/m] na východní straně budovy



Obrázek č. 25 – Normálové síly n_y [kN/m] na severní straně budovy

5 Statické posouzení prvků

Vybrané prvky konstrukčního systému objektu jsou posouzeny podle mezního stavu únosnosti. Železobetonové prvky jsou posouzeny dle normy ČSN EN 1992-1-1 a zděné konstrukce dle normy ČSN EN 1996-1-1.

5.1 Charakteristiky materiálůBeton C25/30Betonářská výztuž B500B

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_c = 1,5$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25}{1,5} = 16,67 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 2,6 \text{ MPa}$$

$$E_s = 200 \text{ GPa}$$

$$E_{cm} = 31 \text{ GPa}$$

$$\varepsilon_{yd} = 2,2\text{‰}$$

$$f_{ctk,0,05} = 1,8 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{cu3} = 3,5\text{‰}$$

Třída konstrukce: S4 – životnost konstrukce 50 let

Stupeň vlivu prostředí: XC1 – suché nebo stále mokré prostředí

Zdivo Porotherm 30 Profi P15 na tenkovrstvou maltu M10

$$f_b = 15 \text{ MPa}$$

$$f_k = 5,15 \text{ MPa} \text{ – dle technických listů výrobce}$$

$$\gamma_M = 2,0 \text{ – zdivo kategorie I, návrhová malta}$$

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_M} = \frac{5,15}{2,0} = 2,575 \text{ MPa}$$

$$f_{xk1} = 0,15 \text{ MPa}$$

$$f_{xk2} = 0,15 \text{ MPa}$$

$$f_{xd1} = \frac{f_{xk1}}{\gamma_M} = \frac{0,15}{2,0} = 0,075 \text{ MPa}$$

$$f_{xd2} = \frac{f_{xk2}}{\gamma_M} = \frac{0,15}{2,0} = 0,075 \text{ MPa}$$

5.2 Vztahy použité při posouzení

Odolnosti konstrukcí jsou počítány podle metody mezní rovnováhy. Principem této metody je rovnováha sil v průřezu, např. tlak v betonu a tah ve výztuži. Z toho vyplývá, že síla v betonu F_c se rovná síle ve výztuži F_s , viz rovnice (5.1). Únosnost průřezu se rovná stavu, kdy napětí ve výztuži se rovná mezi kluzu oceli f_{yd} a napětí v betonu pevnosti betonu v tlaku f_{cd} , viz. rovnice (5.2) a (5.3).

$$F_c = F_s \quad (5.1)$$

Síla ve výztuži:

$$F_s = A_s f_{yd} [kN] \quad (5.2)$$

kde: A_s průřezová plocha výztuže [m^2]

f_{yd} návrhová pevnost oceli na mezi kluzu [kPa]

Síla v betonu:

$$F_c = \lambda \eta x b f_{cd} [kN] \quad (5.3)$$

kde: λ součinitel efektivní výšky tlačené oblasti, $\lambda=0,8$ pro $f_{ck} < 50$ MPa

η součinitel tlakové pevnosti betonu, $\eta=1,0$ pro $f_{ck} < 50$ MPa

b šířka průřezu [m]

f_{cd} návrhová pevnost betonu v tlaku [kPa]

x výška tlačené oblasti, dle rovnice (5.4)

$$x = \frac{F_s}{\lambda b \eta f_{cd}} [m] \quad (5.4)$$

Únosnost železobetonového průřezu v tahu nebo tlaku:

$$N_{Rd} = \sum F_{c,s} [kN] \quad (5.5)$$

Únosnost železobetonového průřezu v ohybu:

$$M_{Rd} = F_s z [kNm] \quad (5.6)$$

kde: z rameno vnitřních sil [m], dle rovnice (5.7)

$$z = d - \frac{\lambda x}{2} [m] \quad (5.7)$$

kde: d účinná výška průřezu [m], dle rovnice (5.8)

$$d = h - c_{nom} - \frac{\emptyset}{2} [m] \quad (5.8)$$

kde: h výška průřezu [m]

c_{nom} nominální krytí výztuže [m]

\emptyset průměr nosné výztuže [m]

Únosnost zděného průřezu v tlaku v hlavě nebo patě stěny:

$$N_{Rd} = \Phi_i t_{ef} f_d [kN/m] \quad (5.9)$$

kde: Φ_i součinitel vlivu štíhlosti stěny a výstřednosti zatížení v hlavě/patě

t_{ef} účinná tloušťka stěny [m]

f_d návrhová pevnost v tlaku nevyztuženého zdiva

Únosnost zděného průřezu v tlaku v polovině stěny:

$$N_{Rd} = \Phi_m t_{ef} f_d [kN/m] \quad (5.10)$$

kde: Φ_m součinitel vlivu štíhlosti stěny a výstřednosti zatížení v polovině

Únosnost zděného průřezu v ohybu rovnoběžně s ložnými spárami:

$$M_{Rd1} = f_{xd1} Z [kNm] \quad (5.11)$$

kde: Z průřezový modul stěny [m³/m]

f_{xd1} návrhová pevnost zdiva v ohybu rovnoběžně s ložnými spárami

Únosnost zděného průřezu v ohybu kolmo na ložné spáry:

$$M_{Rd2} = f_{xd2} Z [kNm] \quad (5.12)$$

kde: f_{xd2} návrhová pevnost zdiva v ohybu kolmo na ložné spáry

5.3 Stropní deska nad 1.PP

Ohybové momenty:

V poli:

$$m_x^+ = 101,11 \text{ kNm/m}$$

$$m_y^+ = 120,00 \text{ kNm/m}$$

V podpoře:

$$m_x^- = 176,48 \text{ kNm/m}$$

$$m_y^- = 200,00 \text{ kNm/m}$$

Geometrie a průřez desky:

$$h = 0,25 \text{ m} \quad \text{tloušťka desky}$$

$$b = 1 \text{ m} \quad \text{šířka desky}$$

Krytí výztuže:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

$$c_{nom} = 25 \text{ mm} \quad \text{nominální krytí výztuže}$$

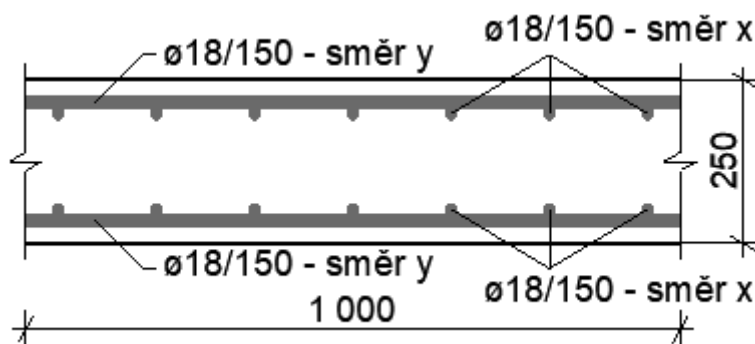
$$c_{min} = 15 \text{ mm} \quad \text{minimální krytí výztuže}$$

$$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$$

Návrh rastru výztuže pro oba povrchy ve směru x a y:

$$\varnothing \quad 18 \text{ mm} \quad \text{průměr výztuže}$$

$$s_s \quad 150 \text{ mm} \quad \text{rozteč výztuže}$$



Obrázek č. 26 – Řez stropní deskou nad 1.PP

Výpočet únosnosti:

$$A_s = 1,70E-03 \text{ m}^2/\text{m} \quad \text{plocha výztuže}$$

$$d = 0,198 \text{ m} \quad \text{účinná výška průřezu}$$

$$F_s = 737,59 \text{ kN/m} \quad \text{síla ve výztuži}$$

$$x = 0,0553 \text{ m} \quad \text{výška tlačené oblasti}$$

5 Statické posouzení prvků

Železobetonový objekt s nosnými zděnými stěnami

$$m_{Rd} = 129,72 \text{ kNm/m} > m_x^+ = 101,11 \text{ kNm/m} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$m_y^+ = 120,00 \text{ kNm/m} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Účinná výška d je počítána k ose výztuže vzdálenější od okraje. Únosnost je vypočítána pomocí metody mezní rovnováhy, za použití vztahů (5.1), (5.2), (5.3), (5.4), (5.6), (5.7) a (5.8). Příložky budou umístěny v podporách u horního okraje desky.

Návrh přílozek – horní okraj ve směru x a y :

Základní rastr:

Příložky:

$$\begin{array}{ccc} \emptyset & 18 \text{ mm} & \\ s_s & 150 \text{ mm} & + \end{array} \quad \begin{array}{ccc} \emptyset & 18 \text{ mm} & \\ s_s & 150 \text{ mm} & \end{array}$$

Výpočet únosnosti:

$$\begin{array}{ll} A_s = 3,39\text{E-}03 \text{ m}^2/\text{m} & \text{plocha výztuže} \\ d = 0,198 \text{ m} & \text{účinná výška průřezu} \\ F_s = 1475,18 \text{ kN/m} & \text{síla ve výztuži} \\ x = 0,1106 \text{ m} & \text{výška tlačené oblasti} \\ m_{Rd} = 226,80 \text{ kNm/m} > m_x^- = 176,48 \text{ kNm/m} \rightarrow \text{Vyhovuje} \\ & m_y^- = 200,00 \text{ kNm/m} \rightarrow \text{Vyhovuje} \end{array}$$

Konstrukční zásady:

Ověření výšky tlačené oblasti:

$$\xi = \frac{x}{d} \leq \xi_{lim} = \frac{\varepsilon_{cu3}}{\varepsilon_{cu3} + \varepsilon_{yd}} \quad (5.13)$$

$$\xi = 0,5588 < \xi_{lim} = 0,6169 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Ověření vyztužení:

$$A_{s,min} = \max \left(\begin{array}{l} 0,26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} b d \\ 0,0013 b d \end{array} \right) \quad (5.14)$$

$$A_{s,max} = 0,04 A_c = 0,04 b h \quad (5.15)$$

$$\begin{array}{ll} A_{s,min} = 2,68\text{E-}04 \text{ m}^2/\text{m} < A_s = 1,70\text{E-}03 \text{ m}^2/\text{m} \rightarrow \text{Vyhovuje} \\ A_{s,max} = 1,00\text{E-}02 \text{ m}^2/\text{m} > A_s = 3,39\text{E-}03 \text{ m}^2/\text{m} \rightarrow \text{Vyhovuje} \end{array}$$

Ostatní desky jsou posouzeny v rámci příloh, tj. deska nad 1. - 4.NP, deska nad 5.NP a deska nad 6.NP. Výkres výztuže desky nad 1.PP je obsažen v příloze.

Ověření rozteče výztuže:

Frakce kameniva v betonu jsou 4/8 a 8/16, tzn. maximální velikost zrna je 16 mm.

$$s_{min} = \max \begin{cases} 1,2 \phi \\ d_g + 5 \\ 20 \text{ mm} \end{cases} \quad (5.16)$$

$$s_{max} = \min \left(\frac{2h}{300 \text{ mm}} \right) \quad (5.17)$$

$$s_{min} = 21,6 \text{ mm} < s = 57 \text{ mm} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$s_{max} = 250 \text{ mm} > s_s = 75 \text{ mm} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Kotevní délka:

$$f_{bd} = 2,25\eta_1\eta_2f_{ctd} = 2,25\eta_1\eta_2 \frac{f_{ctk,0,05}}{\gamma_c} = 2,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \frac{1,8}{1,5} = 2,7 \text{ MPa} \quad (5.18)$$

kde: f_{bd} mezní stav napětí v soudržnosti žebírkové výztuže v betonu

η_1 součinitel kvality podmínek, $\eta_1 = 1$ při dobrých podmínkách soudržnosti

η_2 součinitel průměru výztuže, $\eta_2 = 1$ pro $\phi \leq 32 \text{ mm}$

$$l_{b,rqd} = \left(\frac{\phi}{4} \right) \left(\frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} \right) = \left(\frac{18}{4} \right) \left(\frac{434,78}{2,7} \right) = 555,6 \text{ mm} \quad (5.19)$$

$$l_{bd} = \alpha_1\alpha_2\alpha_3\alpha_4\alpha_5l_{b,rqd} = 1 \cdot 0,94 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 555,6 = 523,15 \text{ mm} \quad (5.20)$$

kde: α_1 součinitel tvaru prutů, $\alpha_1 = 1,0$

α_2 součinitel betonové krycí vrstvy, $\alpha_2 = 1 - 0,15(c_d - \phi) / \phi = 0,94$

α_3 součinitel ovinutí nepřivařenou výztuží, $\alpha_3 = 1,0$

α_4 součinitel ovinutí přivařenou výztuží, $\alpha_4 = 1,0$

α_5 součinitel ovinutí příčným tlakem, $\alpha_5 = 1,0$

Návrh kotvení horní výztuže: $l_{bd} = 530 \text{ mm}$

$$l_{b,min} = \max \begin{cases} 0,3l_{b,rqd} \\ 10\phi \\ 100 \text{ mm} \end{cases} = \max \begin{cases} 0,3 \cdot 555,6 \\ 10 \cdot 18 \\ 100 \text{ mm} \end{cases} = 180 \text{ mm} \quad (5.21)$$

V podpoře se u dolní výztuže nevyskytuje téměř žádné napětí, tudíž se kotvení spodní výztuže navrhne na minimální kotevní délku.

Návrh kotvení dolní výztuže: $l_{bd} = 200 \text{ mm}$

5.4 Sloup v 1.PP

Jelikož jsou sloupy namáhány kombinací normálové síly a dvojicí ohybových momentů, tak budou posouzeny pomocí interakčního diagramu. Pro posouzení dvouosého ohybu je použito zjednodušené kritérium podle ČSN EN 1992-1-1 5.8.9 Dvouosé namáhání ohybem.

Geometrie a průřez sloupu:

$b = 0,60 \text{ m}$ *přodorysný rozměr sloupu*

$h = 0,30 \text{ m}$ *přodorysný rozměr sloupu*

$l = 3,20 \text{ m}$ *výška sloupu*

Vnitřní síly:

Kombinace 1:	$N_{Ed} = -3536,32 \text{ kN}$,	$M_{y,Ed} = 19,41 \text{ kNm}$,	$M_{z,Ed} = 17,11 \text{ kNm}$
Kombinace 2:	$N_{Ed} = -1208,49 \text{ kN}$,	$M_{y,Ed} = -12,25 \text{ kNm}$,	$M_{z,Ed} = 113,74 \text{ kNm}$
Kombinace 3:	$N_{Ed} = -2240,59 \text{ kN}$,	$M_{y,Ed} = -110,67 \text{ kNm}$,	$M_{z,Ed} = 171,71 \text{ kNm}$
Kombinace 4:	$N_{Ed} = -2028,13 \text{ kN}$,	$M_{y,Ed} = -13,00 \text{ kNm}$,	$M_{z,Ed} = 281,31 \text{ kNm}$

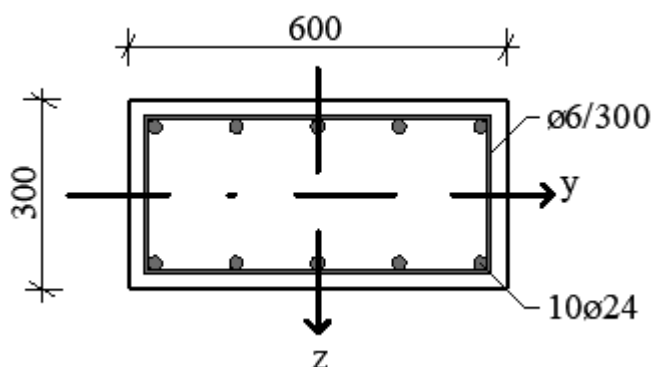
Návrh výztuže:

podélná výztuž:

10 x Ø 24 mm *počet prutů x průměr výztuže*

třmínky: Ø_{tr} 6 mm *průměr třmínků*

s_{tr} 300 mm *rozteč třmínků*



Obrázek č. 27 – Řez sloupem 1.PP

Únosnost podélných prutů:

$A_s = 4,52 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ *celková plocha výztuže*

$F_s = 1966,91 \text{ kN}$ *síla ve výztuži*

Posouzení štíhlosti sloupu:

Řešení sloupu lze zjednodušit tím, že účinky II. řádu je možné zanedbat za předpokladu, že štíhlost sloupu λ je menší než limitní hodnota λ_{lim} dle rovnice (5.27).

$$l_0 = 0,5 l = 0,5 \cdot 3,2 = 1,6 \text{ m} - \text{pro oboustranně vetknuté pruty} \quad (5.22)$$

$$I_y = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \cdot 0,6 \cdot 0,3^3 = 0,00135 \text{ m}^4 - \text{moment setrvačnosti k ose y} \quad (5.23)$$

$$I_z = \frac{1}{12} b^3 h = \frac{1}{12} \cdot 0,6^3 \cdot 0,3 = 0,00540 \text{ m}^4 - \text{moment setrvačnosti k ose z}$$

$$A_c = b h = 0,6 \cdot 0,3 = 0,18 \text{ m}^2 - \text{průřezová plocha betonu} \quad (5.24)$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_c}} = \sqrt{\frac{0,00135}{0,18}} = 0,087 \text{ m} - \text{poloměr setrvačnosti k ose y} \quad (5.25)$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A_c}} = \sqrt{\frac{0,0054}{0,18}} = 0,173 \text{ m} - \text{poloměr setrvačnosti k ose z}$$

$$\lambda_y = \frac{l_0}{i_y} = \frac{1,6}{0,087} = 18,48 - \text{poměrná štíhlost prvku k ose y} \quad (5.26)$$

$$\lambda_z = \frac{l_0}{i_z} = \frac{1,6}{0,173} = 9,24 - \text{poměrná štíhlost prvku k ose z}$$

$$\lambda_{lim} = 20 \cdot A \cdot B \cdot C / \sqrt{n} = 20 \cdot 0,7 \cdot 1,52 \cdot 2,21 / \sqrt{1,18} = 43,33 \quad (5.27)$$

kde: $A = 1/(1 + 0,2\varphi_{ef})$ (neznáme-li φ_{ef} , lze uvažovat $A = 0,7$)

$$B = \sqrt{1 + 2\omega} = \sqrt{1 + 2 \cdot 0,656} = 1,52$$

$$C = 1,7 - r_m = 1,7 - (-0,51) = 2,21$$

φ_{ef} účinný součinitel dotvarování

$$\omega = \frac{A_s f_{yd}}{A_c f_{cd}} = \frac{0,005 \cdot 434783}{0,18 \cdot 16667} = 0,656 \quad \text{mechanický stupeň vyztužení}$$

$$n = \frac{N_{Ed}}{A_c f_{cd}} = \frac{3536,32}{0,18 \cdot 16667} = 1,18 \quad \text{poměrná normálová síla}$$

$$r_m = \frac{M_{01}}{M_{02}} = \frac{56,45}{-110,67} = -0,51 \quad \text{poměr koncový momentů}$$

$$\lambda_{lim} = 43,33 > \lambda_y = 18,48 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\lambda_z = 9,24 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Účinky II. řádu lze zanedbat při posouzení sloupu.

Body interakčního diagramu – směr ohybu M_y :

Únosnost je vypočítána pomocí metody mezní rovnováhy. Ohybové momenty bodů 1, 2, 3, 4 jsou počítány vůči středu průřezu.

$$\varepsilon_{c3} = 0,18\% < \varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = 0,22\% \rightarrow \sigma_s = 350 \text{ MPa}$$

Bod 0 – prostý tlak, $M_{Ed} = 0 \text{ kNm}$, $N_{Ed} = \max.$:

$$N_{Rd,0} = -(A_c \cdot f_{cd} + A_s \cdot \sigma_s) = -(0,18 \cdot 16,67 + 4,52 \cdot 10^{-3} \cdot 350) \cdot 1000$$

$$N_{Rd,0} = -4583,36 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,0} = 0,00 \text{ kNm}$$

Bod 1 – nulové přetvoření tažené výztuže:

$$\begin{aligned} N_{Rd,1} &= -(\lambda \cdot x \cdot b \cdot f_{cd} + 0,5 \cdot A_s \cdot \sigma_s) \\ &= -(0,8 \cdot 0,257 \cdot 0,6 \cdot 16,67 + 2,26 \cdot 10^{-3} \cdot 350) \cdot 1000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{Rd,1} &= \lambda \cdot x \cdot b \cdot f_{cd} \cdot \left(\frac{h}{2} - 0,5 \cdot \lambda \cdot x\right) + \frac{A_s}{2} \cdot \sigma_s \cdot \left(\frac{h}{2} - d_y\right) \\ &= [0,8 \cdot 0,257 \cdot 0,6 \cdot 16,67 \cdot (0,15 - 0,4 \cdot 0,257) + 2,26 \cdot 10^{-3} \cdot 350 \\ &\quad \cdot (0,15 - 0,043)] \cdot 1000 \end{aligned}$$

$$x = d = 0,257 \text{ m}$$

$$N_{Rd,1} = -2847,68 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,1} = 181,75 \text{ kNm}$$

Bod 2 – napětí v tažené výztuži na mezi kluzu

$$N_{Rd,2} = -(\lambda \cdot x \cdot b \cdot f_{cd}) = -(0,8 \cdot 0,159 \cdot 0,6 \cdot 16,67) \cdot 1000$$

$$\begin{aligned} M_{Rd,2} &= \lambda \cdot x \cdot b \cdot f_{cd} \cdot \left(\frac{h}{2} - 0,5 \cdot \lambda \cdot x\right) + \frac{A_s}{2} \cdot \sigma_s \cdot \left(\frac{h}{2} - d_y\right) \\ &= [0,8 \cdot 0,159 \cdot 0,6 \cdot 16,67 \cdot (0,15 - 0,4 \cdot 0,159) + 2,26 \cdot 10^{-3} \cdot 350 \\ &\quad \cdot (0,15 - 0,043)] \cdot 1000 \end{aligned}$$

$$x = x_{bal,1} = 0,159 \text{ m}$$

$$N_{Rd,2} = -1268,26 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,2} = 194,52 \text{ kNm}$$

Bod 3 – prostý ohyb, $N_{Ed} = 0$ kN:

$$M_{Rd,3} = \lambda \cdot x \cdot b \cdot f_{cd} \cdot \left(\frac{h}{2} - 0,5 \cdot \lambda \cdot x \right) + \frac{A_s}{2} \cdot f_{yd} \cdot \left(\frac{h}{2} - d_y \right)$$

$$= [0,8 \cdot 0,062 \cdot 0,6 \cdot 16,67 \cdot (0,15 - 0,4 \cdot 0,062) + 2,26 \cdot 10^{-3} \cdot 434,78 \cdot (0,15 - 0,043)] \cdot 1000$$

$$x = 0,062 \text{ m}$$

$$N_{Rd,3} = 0,00 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,3} = 167,40 \text{ kNm}$$

Bod 4 – nulové přetvoření tlačené výztuže:

$$N_{Rd,4} = \frac{A_s}{2} \cdot f_{yd} = 2,26 \cdot 10^{-3} \cdot 434,78 \cdot 1000$$

$$M_{Rd,4} = \frac{A_s}{2} \cdot f_{yd} \cdot \left(\frac{h}{2} - d_y \right) = 2,26 \cdot 10^{-3} \cdot 434,78 \cdot 1000 \cdot (0,15 - 0,043)$$

$$x = d_y = 0,043 \text{ m}$$

$$N_{Rd,4} = 983,46 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,4} = 105,23 \text{ kNm}$$

Bod 5 – prostý tah:

$$N_{Rd,5} = A_s \cdot f_{yd} = 4,52 \cdot 10^{-3} \cdot 434,78 \cdot 1000$$

$$N_{Rd,5} = 1966,91 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,5} = 0,00 \text{ kNm}$$

Bod 6 – omezení diagramu vlivem nehomogenity:

$$e_a = \frac{M_{Rd,1} - M_{Rd,0}}{N_{Rd,0} - N_{Rd,1}} = \frac{181,75 - 0}{-4583,36 + 2847,68} = -0,10 \text{ m}$$

$$e_0 = -\max \left(\frac{h}{30}, \frac{600}{20 \text{ mm}} \right) = -\max \left(\frac{600}{30}, \frac{600}{20 \text{ mm}} \right) = -20 \text{ mm} = -0,02 \text{ m} - \text{minimální výstřednost}$$

$$N_{Rd,6} = \frac{M_{Rd,1} + N_{Rd,1} \cdot e_a}{e_0 + e_a} = \frac{181,78 + 2847,68 \cdot 0,10}{-0,02 - 0,10}$$

$$M_{Rd,6} = N_{Rd,6} \cdot e_0$$

$$N_{Rd,6} = -3848,35 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,6} = 76,97 \text{ kNm}$$

5 Statické posouzení prvků

Železobetonový objekt s nosnými zděnými stěnami

Body interakčního diagramu – směr ohybu M_z :Bod 0 – prostý tlak, $M_{Ed} = 0$ kNm, $N_{Ed} = \max$:

$$N_{Rd,0} = -(A_c \cdot f_{cd} + A_s \cdot \sigma_s)$$

$$N_{Rd,0} = -4583,36 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,0} = 0,00 \text{ kNm}$$

Bod 1 – nulové přetvoření tažené výztuže:

$$N_{Rd,1} = -(\lambda \cdot x \cdot h \cdot f_{cd} + 0,5 \cdot A_s \cdot \sigma_s)$$

$$M_{Rd,1} = \lambda \cdot x \cdot h \cdot f_{cd} \cdot \left(\frac{b}{2} - 0,5 \cdot \lambda \cdot x\right) + \frac{A_s}{5} \cdot \sigma_s \cdot \left(\frac{b}{2} - d_{z,1}\right) + \frac{A_s}{5} \cdot \sigma_s \cdot \left(\frac{b}{2} - d_{z,2}\right)$$

$$x = d = 0,56 \text{ m}$$

$$N_{Rd,1} = -3178,02 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,1} = 294,08 \text{ kNm}$$

Bod 2 – napětí v tažené výztuži na mezi kluzu

$$N_{Rd,2} = -(\lambda \cdot x \cdot h \cdot f_{cd} + 0,5 \cdot A_s \cdot \sigma_s)$$

$$M_{Rd,2} = \lambda \cdot x \cdot h \cdot f_{cd} \cdot \left(\frac{b}{2} - 0,5 \cdot \lambda \cdot x\right) + \frac{A_s}{5} \cdot \sigma_s \cdot \left(\frac{b}{2} - d_{z,1}\right) + \frac{A_s}{5} \cdot \sigma_s \cdot \left(\frac{b}{2} - d_{z,2}\right)$$

$$x = x_{bal,1} = 0,344 \text{ m}$$

$$N_{Rd,2} = -2007,71 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,2} = 345,50 \text{ kNm}$$

Bod 3 – prostý ohyb, $N_{Ed} = 0$ kN:

$$M_{Rd,3} = \lambda \cdot x \cdot h \cdot f_{cd} \cdot \left(\frac{b}{2} - 0,5 \cdot \lambda \cdot x\right) + \frac{A_s}{5} \cdot f_{yd} \cdot \left(\frac{b}{2} - d_{z,1}\right) + \frac{A_s}{5} \cdot f_{yd} \cdot \left(\frac{b}{2} - d_{z,2}\right)$$

$$x = 0,071 \text{ m}$$

$$N_{Rd,3} = 0,00 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,3} = 229,00 \text{ kNm}$$

Bod 4 – nulové přetvoření tlačené výztuže:

$$N_{Rd,4} = \frac{2 \cdot A_s}{5} \cdot f_{yd}$$

$$M_{Rd,4} = \frac{A_s}{5} \cdot f_{yd} \cdot \left(\frac{b}{2} - d_{z,1} \right) + \frac{A_s}{5} \cdot f_{yd} \cdot \left(\frac{b}{2} - d_{z,2} \right)$$

$$x = d_{z1} = 0,043 \text{ m}$$

$$N_{Rd,4} = 786,76 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,4} = 151,65 \text{ kNm}$$

Bod 5 – prostý tah:

$$N_{Rd,5} = A_s \cdot f_{yd} = 4,52 \cdot 10^{-3} \cdot 434,78 \cdot 1000$$

$$N_{Rd,5} = 1966,91 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,5} = 0,00 \text{ kNm}$$

Bod 6 – omezení diagramu vlivem nehomogenity:

$$e_a = \frac{M_{Rd,1} - M_{Rd,0}}{N_{Rd,0} - N_{Rd,1}} = -0,21 \text{ m}$$

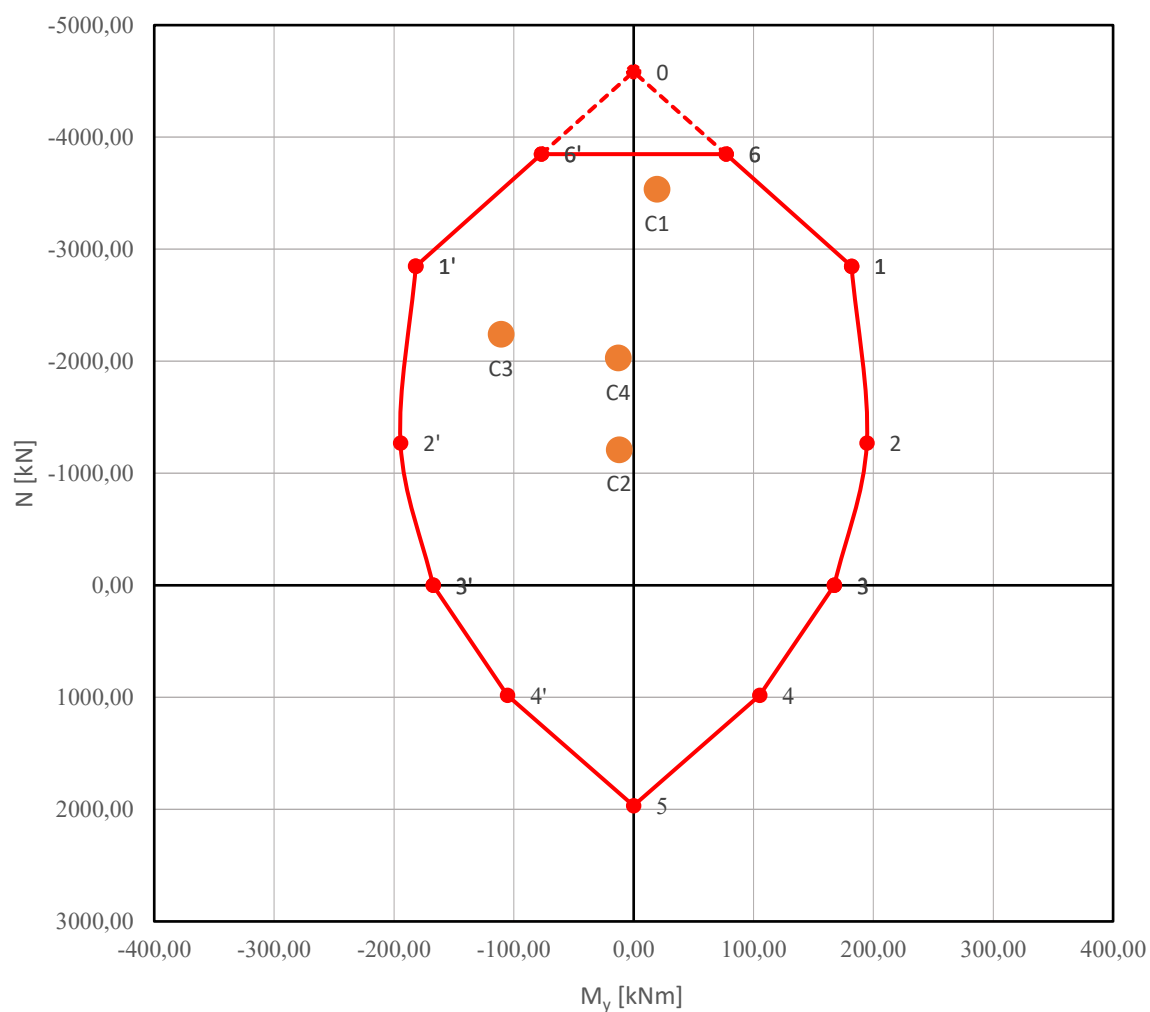
$$e_0 = -\max\left(\frac{h}{30}\right) = -\max\left(\frac{600}{30}\right) = -20 \text{ mm} = -0,02 \text{ m} - \text{minimální výstřednost}$$

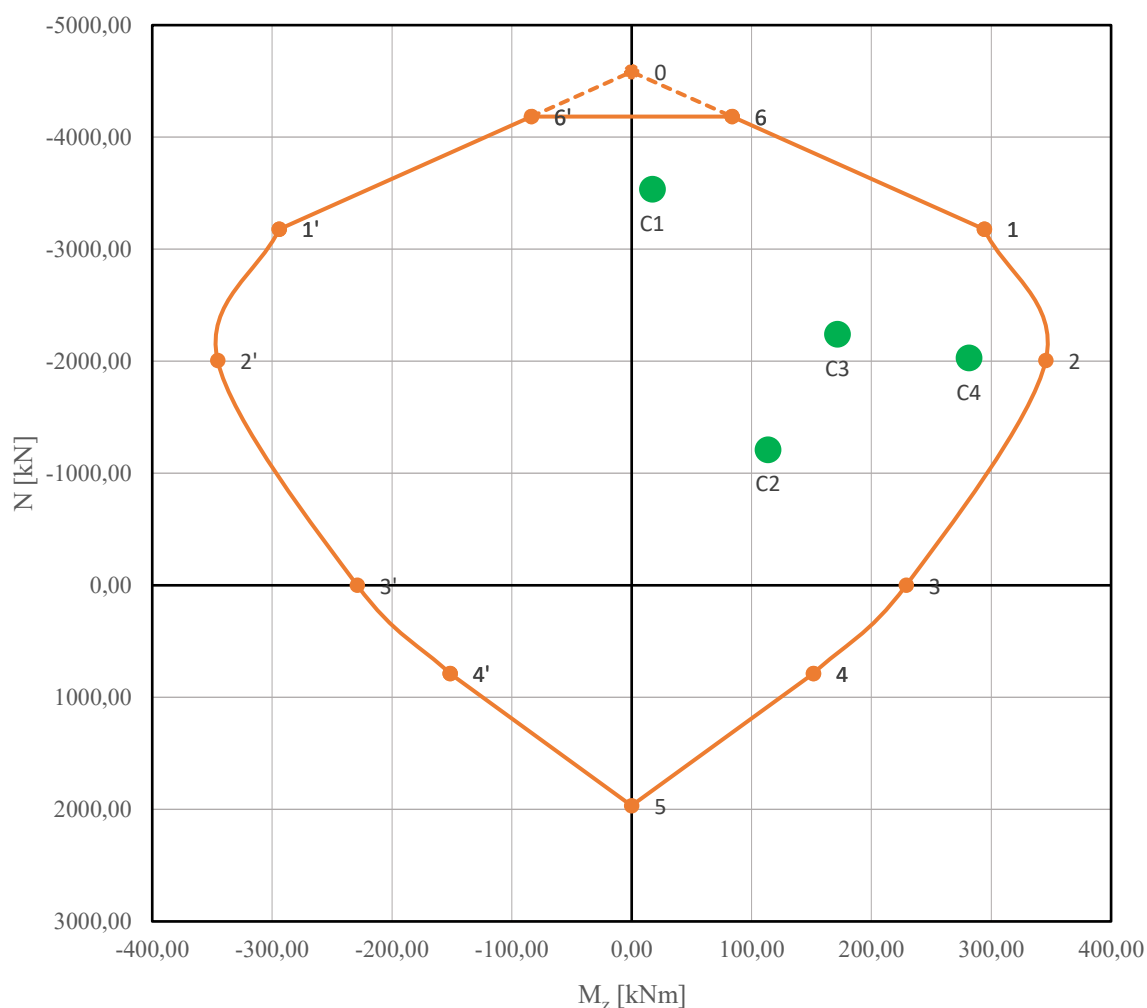
$$N_{Rd,6} = \frac{M_{Rd,1} + N_{Rd,1} \cdot e_a}{e_0 + e_a}$$

$$M_{Rd,6} = N_{Rd,6} \cdot e_0$$

$$N_{Rd,6} = -4183,52 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,6} = 83,67 \text{ kNm}$$

Grafické posouzení podélné výztuže – směr ohybu M_y :Obrázek č. 28 – Interakční diagram sloupu k ose y

Grafické posouzení podélné výztuže – směr ohybu M_z :

Obrázek č. 29 – Interakční diagram sloupu k ose z

Ověření podmínky pro zjednodušený posudek dvojosého ohybu:

$$\left(\frac{M_{Ed,z}}{M_{Rd,z}}\right)^a + \left(\frac{M_{Ed,y}}{M_{Rd,y}}\right)^a = \left(\frac{281,31}{345,50}\right)^{1,9} + \left(\frac{110,67}{194,52}\right)^{1,9} = 1,0 \leq 1,0 \quad (5.29)$$

kde: $M_{Ed,z/y}$ je návrhový moment k příslušné ose [kNm]

$M_{Rd,z/y}$ je ohybová únosnost k příslušné ose [kNm]

a je exponent, který pro:

kruhový nebo eliptický průřez, $a = 2$

obdélníkové průřezy, $1 < a < 2$ podle poměru N_{Ed}/N_{Rd}

$$N_{Ed}/N_{Rd} = 0,92 \rightarrow a = 1,9$$

Podélná výztuž vyhovuje na tlak a dvouosý ohyb.

Posouzení třmínků:

$$\phi_{tř,min} = 6 \text{ mm} \leq \phi_{tř} = 6 \text{ mm} \quad (5.30)$$

$$s_{tř,max} = \min \left\{ \begin{array}{l} 20\phi \\ b \\ 400 \text{ mm} \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 20 \cdot 24 \\ 300 \text{ mm} \\ 400 \text{ mm} \end{array} \right\} = 300 \text{ mm} \geq s_{tř} = 300 \text{ mm} \quad (5.31)$$

Vyhovuje

$$0,6 \cdot s_{tř} = 0,6 \cdot 300 = 180 \text{ mm} \rightarrow \text{Zhuštění třmínků v hlavě a patě sloupu} \quad (5.32)$$

Konstrukční zásady:

Ověření vyztužení:

Ověření pomocí vztahů (5.14) a (5.15).

$$\begin{array}{llll} A_{s,min} = 8,13E-04 \text{ m}^2 & < & A_s = 4,52E-03 \text{ m}^2 & \rightarrow \text{Vyhovuje} \\ A_{s,max} = 7,20E-03 \text{ m}^2 & > & A_s = 4,52E-03 \text{ m}^2 & \rightarrow \text{Vyhovuje} \end{array}$$

Ověření rozteče výztuže:

Ověření pomocí vztahu (5.16).

$$s_{min} = 29 \text{ mm} < s = 104,5 \text{ mm} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Kotevní délka:

Výpočet pomocí vztahů (5.18), (5.19), (5.20) a (5.21).

$$f_{bd} = 2,25\eta_1\eta_2f_{ctd} = 2,25\eta_1\eta_2 \frac{f_{ctk,0,05}}{\gamma_c} = 2,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \frac{1,8}{1,5} = 2,7 \text{ MPa}$$

$$l_{b,rqd} = \left(\frac{\phi}{4}\right) \left(\frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}}\right) = \left(\frac{24}{4}\right) \left(\frac{434,78}{2,7}\right) = 966,2 \text{ mm}$$

$$l_{bd} = \alpha_1\alpha_2\alpha_3\alpha_4\alpha_5l_{b,rqd} = 1 \cdot 0,96 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 966,2 = 924 \text{ mm}$$

Návrh: $l_{bd} = 930 \text{ mm}$

$$l_{b,min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,3l_{b,rqd} \\ 10\phi \\ 100 \text{ mm} \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,3 \cdot 966,2 \\ 10 \cdot 24 \\ 100 \text{ mm} \end{array} \right\} = 290 \text{ mm} \leq l_{bd} = 930 \text{ mm}$$

Vyhovuje

5.5 Průvlak stropní desky v 1.PP

V rámci práce jsou navrženy a posouzeny jen průvlaky v 1.PP. Únosnost je vypočítána pomocí metody mezní rovnováhy, za použití vztahů (5.1), (5.2), (5.3), (5.4), (5.6), (5.7) a (5.8).

Geometrie a průřez průvlaku:

$$b_w = 0,45 \text{ m šířka průvlaku}$$

$$h = 0,65 \text{ m výška průřezu (včetně desky)}$$

Vnitřní síly:

$$M_{Ed,y} = 505,85 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,y} = -643,33 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed,z} = 954,75 \text{ kN}$$

Návrh výztuže v poli – spodní okraj:

$$4 \text{ } \varnothing 28 \text{ mm}$$

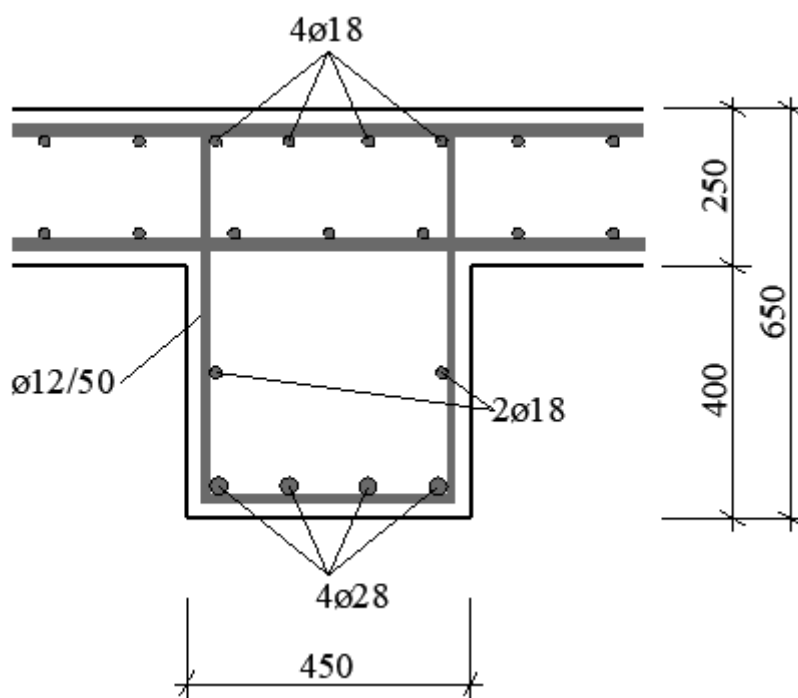
Návrh výztuže v podpoře – horní okraj:

$$4 \text{ } \varnothing 32 \text{ mm}$$

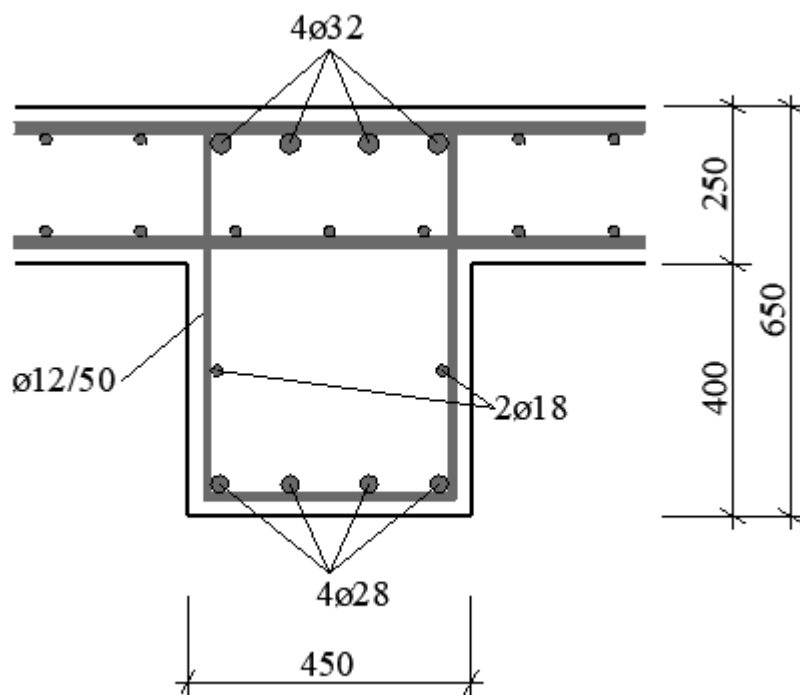
$$\text{třmínky: } \varnothing_{tr} 12 \text{ mm}$$

$$s_{tr} 50 \text{ mm}$$

$$t_t 2 \text{ dvojstřížný třmínek}$$



Obrázek č. 30 – Řez průvlakem 1.PP v poli



Obrázek č. 31 – Řez průvlastkem 1.PP v podpoře

Výpočet únosnosti – výztuž v poli:

$$A_s = 2,46 \text{E-}03 \text{ m}^2 \quad \text{plocha výztuže}$$

$$d = 0,599 \text{ m} \quad \text{účinná výška průřezu}$$

$$F_s = 1070,873 \text{ kN} \quad \text{síla ve výztuži}$$

$$x = 0,1785 \text{ m} \quad \text{výška tlačené oblasti}$$

$$M_{Rd,y} = 565,00 \text{ kNm} > M_{Ed,y}^+ = 505,85 \text{ kNm} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Konstrukční zásady:

Ověření výšky tlačené oblasti – použitý vztah (5.13):

$$\xi = 0,2980 < \xi_{lim} = 0,6169 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Ověření vyztužení – použité vztahy (5.14), (5.15):

$$A_{s,min} = 3,64 \text{E-}04 \text{ m}^2 < A_s = 2,46 \text{E-}03 \text{ m}^2 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$A_{s,max} = 1,17 \text{E-}02 \text{ m}^2 > A_s = 2,46 \text{E-}03 \text{ m}^2 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Ověření rozteče výztuže – použitý vztah (5.16):

$$s_{min} = 33,6 \text{ mm} < s = 88,00 \text{ mm} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

5 Statické posouzení prvků

Železobetonový objekt s nosnými zděnými stěnami

Výpočet únosnosti – výztuž v podpoře:

$$\begin{aligned}
 A_s &= 3,22\text{E-}03 \text{ m}^2 && \text{plocha výztuže} \\
 d &= 0,597 \text{ m} && \text{účinná výška průřezu} \\
 F_s &= 1398,692 \text{ kN} && \text{síla ve výztuži} \\
 x &= 0,2331 \text{ m} && \text{výška tlačené oblasti}
 \end{aligned}$$

$$M_{Rd,y} = 704,60 \text{ kNm} > M_{Ed,y} = 643,33 \text{ kNm} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Konstrukční zásady:

Ověření výšky tlačené oblasti – použitý vztah (5.13):

$$\xi = 0,3905 < \xi_{lim} = 0,6169 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Ověření vyztužení – použité vztahy (5.14), (5.15):

$$A_{s,min} = 3,63\text{E-}04 \text{ m}^2 < A_s = 3,22\text{E-}03 \text{ m}^2 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$A_{s,max} = 1,17\text{E-}02 \text{ m}^2 > A_s = 3,22\text{E-}03 \text{ m}^2 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Ověření rozteče výztuže – použitý vztah (5.16):

$$s_{min} = 38,40 \text{ mm} < s = 82,67 \text{ mm} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Kotevní délka:

Výpočet pomocí vztahů (5.18), (5.19), (5.20) a (5.21).

Horní výztuž:

$$f_{bd} = 2,25\eta_1\eta_2f_{ctd} = 2,25\eta_1\eta_2\frac{f_{ctk,0,05}}{\gamma_c} = 2,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \frac{1,8}{1,5} = 2,7 \text{ MPa}$$

$$l_{b,rqd} = \left(\frac{\phi}{4}\right)\left(\frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}}\right) = \left(\frac{32}{4}\right)\left(\frac{434,78}{2,7}\right) = 1288,2 \text{ mm}$$

Pro zahnutý prut:

$$l_{bd} = \alpha_1\alpha_2\alpha_3\alpha_4\alpha_5l_{b,rqd} = 0,7 \cdot 0,98 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1288,2 = 881 \text{ mm}$$

Návrh: $l_{bd} = 900 \text{ mm}$

Pro přímý prut:

$$l_{bd} = \alpha_1\alpha_2\alpha_3\alpha_4\alpha_5l_{b,rqd} = 1 \cdot 0,98 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1288,2 = 1258 \text{ mm}$$

Návrh: $l_{bd} = 1260 \text{ mm}$

$$l_{b,min} = \max \begin{cases} 0,3l_{b,rqd} \\ 10\phi \\ 100 \text{ mm} \end{cases} = \max \begin{cases} 0,3 \cdot 1288,2 \\ 10 \cdot 32 \\ 100 \text{ mm} \end{cases} = 389 \text{ mm} \leq l_{bd} = 900 \text{ mm}$$

Vyhovuje

Spodní výztuž:

V podpoře se u dolní výztuže nevyskytuje téměř žádné napětí, tudíž se kotvení spodní výztuže navrhne na minimální kotevní délku.

$$l_{b,rqd} = \left(\frac{\phi}{4}\right) \left(\frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}}\right) = \left(\frac{28}{4}\right) \left(\frac{434,78}{2,7}\right) = 1127,2 \text{ mm}$$

$$l_{b,min} = \max \begin{cases} 0,3l_{b,rqd} \\ 10\phi \\ 100 \text{ mm} \end{cases} = \max \begin{cases} 0,3 \cdot 1127,2 \\ 10 \cdot 28 \\ 100 \text{ mm} \end{cases} = 338 \text{ mm}$$

Návrh: $l_{bd} = 350 \text{ mm}$

Posouzení smykové výztuže:

Únosnost průvlaku ve smyku bez smykové výztuže:

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} k^3 \sqrt{100 \rho f_{ck}} + k_1 \sigma_{cp}] \cdot b_w d = [0,12 \cdot 1,6 \cdot \sqrt{100 \cdot 0,012 \cdot 25} + 0] \cdot 0,45 \cdot 0,597 \cdot 1000 = 158,04 \text{ kN} \quad (5.33)$$

$$\text{kde: } C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12 \text{ MPa}$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{597}} = 1,6 \leq 2,0 \text{ kde } d \text{ je v mm}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b_w d} = \frac{3,22 \cdot 10^3}{0,45 \cdot 0,597} = 0,012 \leq 0,02$$

$k_1 \sigma_{cp} = 0$, protože se v průřezu nevyskytuje normálová síla

$$V_{Rd,c,min} = (v_{min} + k_1 \sigma_{cp}) \cdot b_w d = (0,347 + 0) \cdot 0,45 \cdot 0,597 \cdot 1000 = 93,26 \text{ kN}$$

$$\text{kde: } v_{min} = 0,035 k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,6^{\frac{3}{2}} \cdot 25^{\frac{1}{2}} = 0,347 \text{ MPa}$$

$$V_{Rd,c} = 158,04 \text{ kN} \geq V_{Rd,c,min} = 93,26 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = 158,04 \text{ kN} < V_{Ed,z} = 954,75 \text{ kN} \rightarrow \text{Je nutná smyková výztuž}$$

Únosnost průvlaku ve smyku se smykovou výztuží:

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s_{tř}} z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta = \frac{2,26 \cdot 10^{-4}}{0,05} 0,537 \cdot 434,78 \cdot 1 = 1056,82 \text{ kN} \quad (5.32)$$

$$\text{kde: } A_{sw} = t_t \pi \left(\frac{\phi^2}{4} \right) = 2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{0,012^2}{4} \right) = 2,26 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$f_{ywd} = f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

$$z = 0,9d = 0,9 \cdot 0,597 = 0,537 \text{ m}$$

$$\cot \theta = 1, \theta \text{ je úhle mezi tlakovými diagonálami betonu a osou průvlaku}$$

$$V_{Rd,s} = 1056,82 \text{ kN} \geq V_{Ed,z} = 954,75 \text{ kN} \rightarrow \textbf{Vyhovuje}$$

Konstrukční zásady:

Ověření maximální návrhové hodnoty posouvající síly:

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} b_w z v_1 \frac{f_{cd}}{\cot \theta + \tan \theta} = 1 \cdot 0,45 \cdot 0,537 \cdot 0,6 \cdot \frac{16,67 \cdot 1000}{1+1} = 1208,93 \text{ kN} \quad (5.33)$$

$$\text{kde: } \alpha_{cw} = 1, \text{ pro nepředpjaté konstrukce}$$

$$v_1 = 0,6, \text{ pro } f_{ck} < 60 \text{ MPa}$$

$$\tan \theta = 1$$

$$V_{Rd,max} = 1208,93 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 954,75 \text{ kN} \rightarrow \textbf{Vyhovuje}$$

Ověření minimálního stupně vyztužení:

$$\rho_{w,min} = 0,08 \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0,08 \frac{\sqrt{25}}{500} = 0,0008 \quad (5.34)$$

$$\rho_{sw} = \frac{A_{sw}}{s b_w} \sin \alpha = \frac{2,26 \cdot 10^{-4}}{0,05 \cdot 0,45} \cdot 1 = 0,0100 \geq \rho_{w,min} = 0,0008 \rightarrow \textbf{Vyhovuje} \quad (5.35)$$

Ověření vzdálenosti větví třmínku:

$$s_{t,max} = \min \left(\frac{0,75d}{600 \text{ mm}} \right) = \min \left(\frac{0,75 \cdot 597}{600 \text{ mm}} \right) = 448 \text{ mm} \quad (5.36)$$

$$s_t = b - 2c_{nom} - \phi_{tř} = 450 - 2 \cdot 25 - 12 = 388 \text{ mm} \geq s_{t,max} = 448 \text{ mm} \rightarrow \textbf{Vyhovuje}$$

Ověření vzdálenosti mezi třmínky:

$$s_{tř,max} = 0,75d = 0,75 \cdot 597 = 448 \text{ mm} \geq s_{tř} = 50 \text{ mm} \rightarrow \textbf{Vyhovuje}$$

5.6 Obvodové stěny

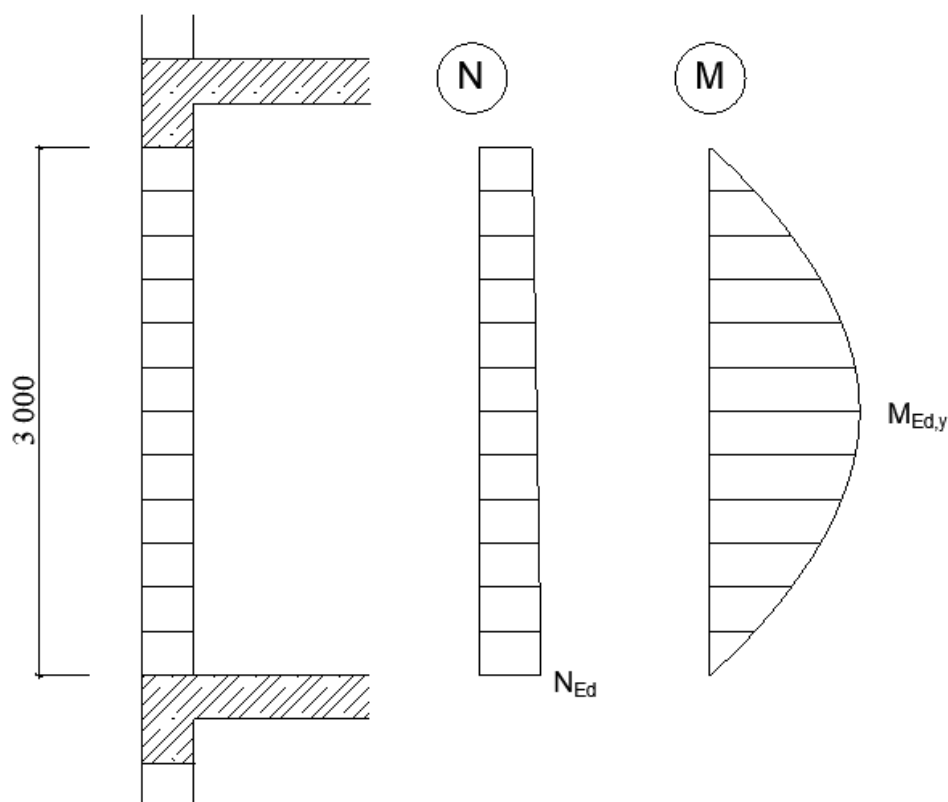
Součástí práce je pouze posouzení obvodových stěn, které jsou namáhané svislým a bočním tlakem (větrem). Posouzení je provedeno podle ČSN EN 1996-1-1.

Geometrie stěny:

$l =$	7,45 m	<i>délka stěny</i>
$h =$	3,00 m	<i>světlá výška stěny</i>
$t = t_{ef} =$	0,30 m	<i>tloušťka stěny</i>

Zatížení:

$N_{Ed} =$	600 kN/m	<i>svislé zatížení</i>
$W_{Ed} =$	1,95 kN/m ²	<i>boční zatížení (vítr)</i>
$M_{Ed,y} =$	2,19 kNm/m	<i>ohybový moment od bočního zatížení</i>



Obrázek č. 32 – Schéma obvodové stěny

Posouzení štíhlosti:

$$h_{ef} = \rho_2 \cdot h = 0,75 \cdot 3,0 = 2,25 \text{ m}$$

kde: $\rho_2 = 0,75$ – pro stěny podepřené železobetonovými stropy v hlavě a patě

$$\frac{h_{ef}}{t_{ef}} = \frac{2,25}{0,3} = 7,5 < 20 \rightarrow \text{Vyhovuje mezní štíhlosti}$$

Zmenšující součinitele vlivu štíhlosti a excentricity zatížení:

V patě stěny:

$$e_i = \frac{M_{id}}{N_{id}} + e_{he} + e_{init} = 0 + 0 + \frac{2,25}{450} = 0,005 \text{ m} \leq 0,05 \cdot t = 0,05 \cdot 0,3 = 0,015 \text{ m} \rightarrow$$

$$\rightarrow e_i = 0,015 \text{ m}$$

$$\Phi_i = 1 - 2 \cdot \frac{e_i}{t} = 1 - 2 \cdot \frac{0,015}{0,3} = 0,9$$

Uprostřed výšky stěny:

$$e_{mk} = e_m + e_k = 0,009 + 0,001 = 0,010 \text{ m} \leq 0,05 \cdot t = 0,05 \cdot 0,3 = 0,015 \text{ m}$$

$$e_m = \frac{M_{md}}{N_{md}} + e_{hm} + e_{init} = 0 + \frac{2,19}{600} + \frac{2,25}{450} = 0,009 \text{ m}$$

$$e_k = 0,002 \phi_{\infty} \frac{h_{ef}}{t_{ef}} \sqrt{t e_m} = 0,002 \cdot 1,5 \cdot \frac{2,25}{0,3} \sqrt{0,3 \cdot 0,009} = 0,001 \text{ m}$$

$$e_{mk} = 0,015 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{h_{ef}}{t_{ef}} \cdot \sqrt{\frac{f_k}{E}} = \frac{2,25}{0,3} \cdot \sqrt{\frac{5,15}{5150}} = 0,237$$

$$u = \frac{\lambda - 0,063}{0,73 - 1,17 \cdot \frac{e_{mk}}{t}} = \frac{0,237 - 0,063}{0,73 - 1,17 \cdot \frac{0,015}{0,3}} = 0,259$$

$$A_1 = 1 - 2 \cdot \frac{e_{mk}}{t} = 1 - 2 \cdot \frac{0,015}{0,3} = 0,9$$

$$\Phi_m = A_1 \cdot e^{-\frac{u^2}{2}} = 0,9 \cdot e^{-\frac{0,259^2}{2}} = 0,87$$

kde: e_i výstřednost zatížení v hlavě

e_m výstřednost zatížení v polovině výšky stěny

e_k výstřednost s vlivem dotvarování

ϕ_{∞} konečná hodnota součinitele dotvarování

E krátkodobý sečnový modul pružnosti zdiva

$$E = K_E f_k = 1000 \cdot 5,15 = 5150 \text{ MPa}$$

$K_E = 1000$ pro zdivo z pálených cihel

Posouzení únosnosti stěny v tlaku:

Pro posouzení jsou použity vztahy (5.9) a (5.10). Stěnu je posouzena v místě menšího součinitele štíhlosti a excentricity.

$$N_{Rd} = \Phi \cdot f_d \cdot t_{ef} = 0,87 \cdot 2,575 \cdot 1000 \cdot 0,3 = 672,25 \text{ kN/m}$$

$$N_{Rd} = 672,252 \text{ kN/m} > N_{Ed} = 600 \text{ kN/m} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Posouzení únosnosti v ohybu:

Pro ověření stěny v ohybu od zatížení větrem je využito klenbového účinku stěny, klenba působí na kratším rozpětí, tudíž svislém směru (směr y).

$$\frac{l}{t} = \frac{7,45}{0,3} = 24,8 \leq 25 \rightarrow d_a = 0 \text{ m}$$

$$r = 0,9 \cdot t - d_a = 0,9 \cdot 0,3 - 0 = 0,27 \text{ m}$$

$$N_{ad} = 1,5 \cdot f_d \cdot \frac{t}{10} = 1,5 \cdot 2,575 \cdot 1000 \cdot \frac{0,3}{10} = 115,88 \text{ kN/m}$$

$$M_{Rd,y} = N_{ad} \cdot r = 115,88 \cdot 0,27 = 31,29 \text{ kNm/m}$$

$$M_{Rd,y} = 31,29 \text{ kNm/m} > M_{Ed,y} = 2,19 \text{ kNm/m} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

kde: d_a průhyb stěny (klenby)

r vzepětí klenby

N_{ad} návrhová svislá síla na jednotku délky stěny

Prvky vyhoví

6 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo provedení statického návrhu a posudku vybraných nosných prvků konstrukčního systému bytového domu, který je tvořen železobetonovým skeletem a zděnými nosnými stěnami. V kapitole 2. je konstrukce popsána ve stručné technické zprávě. Následuje výpočet veškerého zatížení na konstrukci, to zahrnuje zatížení stálé, užité, sněhem a větrem, v kapitole 3. Dále byl vytvořen statický prostorový model v programu SCIA Engineer z prutových (průvlaky a sloupy) a plošných (desky a stěny) prvků. Ve 4. kapitole jsou zobrazeny průběhy vnitřních sil na prvcích a extrémní návrhové vnitřní síly pro jejich posouzení. Analýza konstrukce byla provedena v programu SCIA Engineer pomocí metody konečných prvků. Na závěr v kapitole 5 jsou konstrukční prvky posouzeny na mezní stav únosnosti a byla navržena bezpečně nutná výztuž.

Součástí bakalářské práce jsou také výkresy výztuže posuzovaných železobetonových konstrukcí, a to stropních desek, sloupů a průvlaků v 1.PP. Při návržení výztuže se bral ohled na ekonomickou nenáročnost, tak i snadné a efektivní provedení při výstavbě.

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval všem, kteří mi pomohli při zpracování této bakalářské práce, zejména vedoucí mé práce Ing. Lucii Mynarzové, Ph.D. za vedení a odbornou pomoc. Dále bych rád poděkoval Ing. Alanu Jančíkovi za poskytnutí studie řešeného objektu, kterou vypracovali Ing. arch. Jaroslav Klega a Ing. arch. Petr Doležal.

7 Seznam použité literatury

- [1] **ČSN EN 1990** *Eurokód 0: Zásady navrhování konstrukcí*. Česká technická norma : Český normalizační institut, 2004.
- [2] **ČSN EN 1991-1-1** *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení, objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. Česká technická norma : Český normalizační institut, 2004.
- [3] **ČSN EN 1991-1-3** *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení - zatížení sněhem*. Česká technická norma : Český normalizační institut, 2005.
- [4] **ČSN EN 1991-1-4** *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení - zatížení větrem*. Česká technická norma : Český normalizační institut, 2005.
- [5] **ČSN EN 1992-1-1** *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Česká technická norma : Český normalizační institut, 2006.
- [6] **ČSN EN 1996-1-1** *Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí – Obecná pravidla pro vyztužené a nevyztužené konstrukce*. Česká technická norma : Český normalizační institut, 2013.
- [7] **Ing. Lucie Mynarzová, Ph.D.** Lucie Mynarzová - Podklady k výuce. [Online] <http://fast10.vsb.cz/mynarzova/>.
- [8] **Ing. Pavlína Matečková, Ph.D.** Podklady k výuce. [Online] <https://homel.vsb.cz/~zid75/>.

8 Seznam obrázků

Obrázek č. 1 – Vizualizace objektu 1.....	8
Obrázek č. 2 – Vizualizace objektu 2.....	8
Obrázek č. 3 – Vizualizace objektu 3.....	9
Obrázek č. 4 – Vizualizace objektu 4.....	9
Obrázek č. 5 – Rozmístění stálého zatížení na konstrukci.....	11
Obrázek č. 6 – Rozmístění užitého zatížení na konstrukci	13
Obrázek č. 7 – Rozmístění zatížení sněhem na konstrukci.....	14
Obrázek č. 8 – Ohybové momenty m_x [kNm/m] desky nad 1.PP	17
Obrázek č. 9 – Ohybové momenty m_y [kNm/m] desky nad 1.PP	17
Obrázek č. 10 – Ohybové momenty m_x [kNm/m] desky nad 1. – 4.NP	18
Obrázek č. 11 – Ohybové momenty m_y [kNm/m] desky nad 1. – 4.NP	18
Obrázek č. 12 – Ohybové momenty m_x [kNm/m] desky nad 5.NP	19
Obrázek č. 13 – Ohybové momenty m_y [kNm/m] desky nad 5.NP	19
Obrázek č. 14 – Ohybové momenty m_x [kNm/m] desky nad 6.NP	20
Obrázek č. 15 – Ohybové momenty m_y [kNm/m] desky nad 6.NP	20
Obrázek č. 16 – Normálové síly N [kN] ve sloupech 1.PP.....	21
Obrázek č. 17 – Ohybové momenty M_y [kNm] ve sloupech 1.PP.....	22
Obrázek č. 18 – Ohybové momenty M_z [kNm] ve sloupech 1.PP.....	22
Obrázek č. 19 – Půdorysné schéma průvlaků 1.PP	23
Obrázek č. 20 – Posouvající síly V_z [kN] v průvlacích 1.PP	24
Obrázek č. 21 – Ohybové momenty M_y [kNm] v průvlacích 1.PP.....	24
Obrázek č. 22 – Normálové síly n_y [kN/m] na západní straně budovy	25
Obrázek č. 23 – Normálové síly n_y [kN/m] na jižní straně budovy	26
Obrázek č. 24 – Normálové síly n_y [kN/m] na východní straně budovy.....	26
Obrázek č. 25 – Normálové síly n_y [kN/m] na severní straně budovy	27
Obrázek č. 26 – Řez stropní deskou nad 1.PP	31

Obrázek č. 27 – Řez sloupem 1.PP	34
Obrázek č. 28 – Interakční diagram sloupu k ose y	40
Obrázek č. 29 – Interakční diagram sloupu k ose z	41
Obrázek č. 30 – Řez průvlakem 1.PP v poli	43
Obrázek č. 31 – Řez průvlakem 1.PP v podpoře.....	44
Obrázek č. 32 – Schéma obvodové stěny	48

9 Seznam tabulek

Tabulka č. 1 – Stálé zatížení od podlahy.....	10
Tabulka č. 2 – Stálé zatížení od terasy	10
Tabulka č. 3 – Stálé zatížení od střechy nad 6.NP	11
Tabulka č. 4 – Užitná zatížení na stropních konstrukcích	12
Tabulka č. 5 – Užitná zatížení na terase.....	12
Tabulka č. 6 – Návrhové kombinace pro posouzení sloupu v 1.PP.....	21

10 Seznam příloh

Výstupy z Microsoft Office Excel:

1. Návrh a posouzení ŽB desky nad 1.NP až 4.NP
2. Návrh a posouzení ŽB desky nad 1.PP
3. Návrh a posouzení ŽB desky nad 5.NP
4. Návrh a posouzení ŽB desky nad 6.NP
5. Návrh a posouzení ŽB sloupu
6. Návrh a posouzení ŽB průvlaku

Výkresy výztuže:

1. DESKA NAD 1.PP – ZÁKLADNÍ RASTR VÝZTUŽE – DOLNÍ OKRAJ
2. DESKA NAD 1.PP – ZÁKLADNÍ RASTR VÝZTUŽE – HORNÍ OKRAJ
3. DESKA NAD 1.PP – PŘÍLOŽKY – HORNÍ OKRAJ
4. PRŮVLAK 1.PP – VÝKRES VÝZTUŽE
5. SLOUP 1.PP – VÝKRES VÝZTUŽE